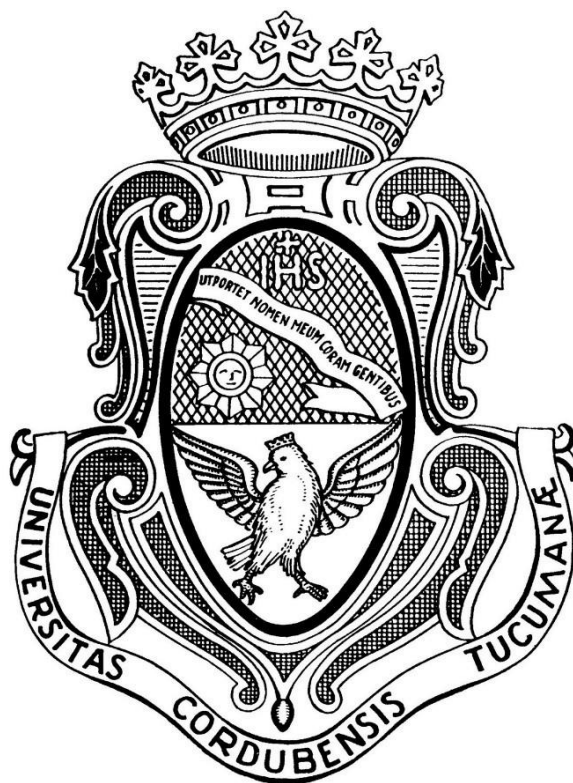


# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales



## PRÁCTICA SUPERVISADA

Asistencia Técnica en Obra-Estudio de Plazos

Autor: GAVAGNIN, Julián Gustavo

Tutor: Dr. Ing. Julio A. Capdevila

Supervisor Externo: Arq. Julio Vera

Fecha: 04/12/2016

## RESUMEN

En el presente informe se describen las actividades llevadas a cabo en una obra civil de arquitectura, en el marco de la materia “Práctica Supervisada” perteneciente al último semestre de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Tanto las actividades realizadas en obra como la elaboración del informe siguieron los lineamientos de un Plan de Actividades propuesto por el estudiante. A continuación se tratan de forma breve las distintas partes que componen el documento.

El primer capítulo es de carácter introductorio, de modo que se comienza con una descripción del marco en el cual se realiza la PS, los objetivos de la misma y una presentación de la empresa en donde se desempeñaron las actividades, esto último acompañado de antecedentes sobre los plazos incurridos en obras de características similares ejecutadas por la misma.

En el segundo capítulo se aborda la obra, comenzando de este modo con una descripción general de la misma, para luego dar lugar a un estudio y descripción de los rubros asignados.

En el tercer capítulo se elabora un estudio del Pliego de Especificaciones Técnicas sobre los rubros asignados, cuya finalidad es identificar y tratar aquellos aspectos dentro del mismo que presenten errores, incoherencias, descripciones insuficientes, innecesarias, etc.

En el cuarto capítulo se trata el proceso constructivo de todas las estructuras presentadas en el segundo capítulo, de modo que se describen y analizan las técnicas de ejecución, los problemas surgidos durante los trabajos, las soluciones de los mismos y los correspondientes impactos sobre la obra.

En el quinto capítulo se realiza el estudio de los plazos de obra. En este sentido se plantea y describe la problemática que da lugar a la metodología de trabajo descripta y analizada.

Por último sobre el final del documento se coloca una conclusión general, la bibliografía empleada y un Anexo que contiene un total de 8 planos pertenecientes a la obra de estudio.

## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Marco de trabajo en el que se desarrolla la PS.....	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	La Empresa .....	3
1.3.1	Análisis de plazos de obras similares .....	3
1.3.1.1	Nueva Biblioteca Facultad Ciencias Agropecuarias. ....	4
1.3.1.2	Ampliación Edificio Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño .....	5
2	LA OBRA.....	7
2.1	Ubicación.....	7
2.2	Descripción General .....	9
2.3	Fundaciones .....	13
2.3.1	Estudio de Suelo .....	14
2.3.2	Selección de cota y tipo de fundación.....	16
2.3.3	Sistema de Fundación.....	17
2.3.3.1	Estructuras de Hormigón Armado .....	17
2.3.3.2	Estructuras Metálicas .....	18
2.3.3.3	Equipo Sensible.....	19
2.4	Estructuras en Hormigón Armado .....	20
2.4.1	Edificio principal.....	21
2.4.1.1	Columnas.....	21
2.4.1.2	Vigas.....	22
2.4.1.3	Losas Nervuradas .....	23
2.4.1.4	Escaleras .....	24
2.4.1.5	Tabique del Ascensor.....	25
2.4.2	Muro de contención de suelo .....	26
2.4.3	Sala de cisterna.....	28
2.4.3.1	Recinto.....	28
2.4.3.2	Cisterna .....	29
2.5	Estructuras Metálicas .....	29
2.5.1	Escaleras nuevas .....	30
2.5.2	Escalera con tramo agregado .....	32
3	ESTUDIO DEL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	34

3.1	Rubro 3: Demoliciones .....	35
3.2	Rubro 4: Movimiento de Suelos .....	35
3.2.1	Nivelaciones .....	35
3.3	Rubro 5: Estructura de Hormigón .....	35
3.3.1	Generalidades (Reglamento CIRSOC) .....	36
3.4	Rubro 17: Escaleras .....	36
4	PROCESO CONSTRUCTIVO .....	37
4.1	Fundaciones y Movimientos de Suelos .....	37
4.1.1	Fundación Escaleras Metálicas .....	37
4.1.2	Excavación Sala de Cisterna .....	41
4.1.3	Fundación Sala de Cisterna .....	44
4.1.4	Movimiento de suelo para ejecutar Muro de Contención .....	45
4.2	Estructuras Metálicas .....	46
4.2.1	Generalidades .....	46
4.2.2	Escalera sobre Av. Haya de la Torre .....	47
4.2.3	Escalera sobre Patio Central .....	51
4.2.4	Comentarios .....	52
4.3	Estructuras de Hormigón Armado .....	53
4.3.1	Generalidades .....	53
4.3.1.1	Doblado de barras de acero para las armaduras .....	53
4.3.1.2	Armado de los elementos estructurales .....	54
4.3.1.3	Encofrados .....	54
4.3.1.4	Elaboración del Hormigón y transporte a obra (H. Elaborado) .....	55
4.3.1.5	Transporte dentro de obra, colocación y densificación .....	55
4.3.1.6	Curado y desencofrado .....	56
4.3.2	Estructura de Cisterna .....	57
4.3.2.1	Paredes del Recinto .....	57
4.3.2.2	Cisterna .....	60
4.3.2.3	Losa del Recinto .....	62
4.3.3	Estructura del Segundo Módulo de la Edificación .....	63
4.3.3.1	Columnas del 1er SS .....	64
4.3.3.2	Empleo de aditivo en el Hormigón Estructural de Losas y Vigas .....	67
4.3.3.3	Losas y Vigas del 1er SS .....	70
4.3.3.4	Losa faltante del 1er SS .....	77
4.3.3.5	Columnas y Losas de niveles superiores .....	80

4.3.4	Estructura de Escaleras .....	82
4.3.4.1	Escalera de acceso a Sala de Cisterna .....	82
4.3.4.2	Escalera de vinculación 1er Sub Suelo y Planta Baja .....	84
4.3.5	Estructuras de Tabiques.....	85
4.3.5.1	Tabique de ascensor-Tramo PB-N1.....	85
4.3.5.2	Muro de Contención de Suelo.....	85
4.3.6	Situación de la estructura.....	87
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS PLAZOS DE OBRA .....</b>	<b>89</b>
5.1	Introducción .....	89
5.2	Metodología de Trabajo y Definiciones .....	90
5.2.1	Representación de un proyecto de obra .....	90
5.2.2	Cálculo de la duración de una actividad.....	93
5.2.3	Empleo de software.....	94
5.3	Proyecto de Obra .....	94
5.3.1	Definición de las tareas .....	94
5.3.2	Restricciones del problema .....	96
5.3.3	Cómputo métrico y rendimientos empleados.....	98
5.3.4	Resultados de la programación de obra .....	101
5.3.5	Análisis de los resultados de la programación de obra.....	102
5.3.5.1	Fundación para las escaleras metálicas .....	105
5.3.5.2	Movimientos de suelo.....	105
5.3.5.3	Cisterna .....	105
5.3.5.4	Escaleras Metálicas.....	106
5.3.5.5	Estructura de H°A°-Bloque A .....	107
5.3.5.6	Estructura de H°A°- Bloque B .....	108
5.4	Comparación con el Plan de Avance propuesto por la Empresa .....	108
5.4.1	Movimientos de Suelo .....	108
5.4.2	Escaleras Metálicas.....	108
5.4.3	Estructuras de Hormigón Armado .....	109
5.5	Conclusión.....	109
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>111</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>112</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>113</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.3.1-Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias .....	4
Figura 1.3.2-Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias .....	4
Figura 1.3.3-Ampliación FAUD .....	5
Figura 1.3.4-Ampliación FAUD .....	5
Figura 2.1.1-Ubicación geográfica en la Ciudad de Córdoba .....	7
Figura 2.1.2-Ubicación geográfica en Ciudad Universitaria .....	8
Figura 2.1.3-Vista satelital del terreno-Zona de obra .....	8
Figura 2.1.4-Croquis de la de la obra .....	9
Figura 2.2.1-Estructura ejecutada en la 1ra licitación .....	10
Figura 2.2.2-Aspecto terminado del edificio .....	10
Figura 2.2.3-Planta de Arquitectura del 1er SS .....	11
Figura 2.2.4-Corte B-B de la edificación .....	12
Figura 2.3.1-Ensayo de penetración .....	15
Figura 2.3.2-Esquema del perfil de suelo .....	16
Figura 2.3.3-Planta de Fundaciones .....	18
Figura 2.3.4-Planta de Fundación esc. metálica sobre Av. Haya de la Torre ...	19
Figura 2.3.5-Planta de Fundación escalera metálica sobre Patio Central. ....	19
Figura 2.3.6-Fundación superficial para equipo sensible .....	20
Figura 2.4.1-Disposición de las columnas .....	22
Figura 2.4.2-Planta Estructural de PB .....	23
Figura 2.4.3-Detalle de losa nervurada .....	24
Figura 2.4.4- Corte de la escalera a ejecutar H°A° un tramo .....	25
Figura 2.4.5-Corte de la escalera a sala de cisterna .....	25
Figura 2.4.6-Tabique del vano del ascensor .....	26
Figura 2.4.7-Planta de tabiques de contención .....	27
Figura 2.4.8-Secciones de los tabiques de contención .....	27
Figura 2.4.9-Planta Estructural del 2do SS .....	28
Figura 2.4.10-Corte Planta Estructural del 2do SS .....	29
Figura 2.5.1-Esquema estructural del descanso .....	31
Figura 2.5.2-Perfiles PNL sobre viga inclinada de tramo .....	31
Figura 2.5.3-Apoyo del metal desplegado .....	31
Figura 2.5.4-Planta y corte de escaleras nuevas .....	32
Figura 2.5.5-Detalle descansos y huellas en escalera existente .....	33
Figura 4.1.1-Ejecución del pozo para un pilote .....	38

Figura 4.1.2-Colocación armadura del pilote .....	39
Figura 4.1.3- Ejes principales de replanteo en ambas escaleras .....	39
Figura 4.1.4- Cerco de replanteo .....	40
Figura 4.1.5-Movimiento de suelo para sala de cisterna .....	41
Figura 4.1.6-Perfilamiento manual del recinto .....	42
Figura 4.1.7-Configuración esperada (izq.) y existente (der.) de los pilotes .....	43
Figura 4.1.8-Proceso de confección del recinto .....	44
Figura 4.1.9-Armaduras en espera dentro del recinto .....	45
Figura 4.1.10-Movimiento de suelo .....	46
Figura 4.1.11-Corte vertical sobre el suelo .....	46
Figura 4.2.1-Acopio de piezas metálicas .....	47
Figura 4.2.2-Acopio de piezas metálicas .....	47
Figura 4.2.3-Andamio de montaje .....	47
Figura 4.2.4-Izado de un perfil .....	47
Figura 4.2.5-Arriostramientos auxiliares .....	48
Figura 4.2.6- Unión soldada .....	48
Figura 4.2.7-Arriostramientos estructurales .....	49
Figura 4.2.8-Elementos horizontales .....	49
Figura 4.2.9-Apoyos de escalones en laterales de vigas de tramo .....	49
Figura 4.2.10-Refuerzos bajo huellas .....	49
Figura 4.2.11-Emparrillado en descansos .....	50
Figura 4.2.12-Metal desplegado en descansos y pasos horizontales .....	50
Figura 4.2.13-Escalera terminada sobre Av. Haya de la Torre .....	51
Figura 4.2.14-Motor eléctrico para izado .....	51
Figura 4.2.15-Refuerzo en huellas .....	51
Figura 4.2.16-Aspecto escalera metálica sobre Patio Central .....	52
Figura 4.3.1-Acopio de barras .....	54
Figura 4.3.2-Banco de Armado .....	54
Figura 4.3.3-Armado como pizas .....	54
Figura 4.3.4-Armado in situ .....	54
Figura 4.3.5-Elaboración de probetas de H°A° .....	55
Figura 4.3.6-Curado de probetas de H°A° .....	55
Figura 4.3.7-Hormigonado mediante camión mezclador .....	56
Figura 4.3.8-Hormigonado mediante mini cargadora .....	56
Figura 4.3.9-Hormigón bombeado .....	56

Figura 4.3.10-Vibrado durante el hormigonado de una losa .....	56
Figura 4.3.11-Proceso de armado del tabique del recinto .....	57
Figura 4.3.12-Esquema de encofrado del recinto .....	59
Figura 4.3.13-Encofrado de los tabiques del recinto.....	60
Figura 4.3.14-Desencofrado de los tabiques del recinto.....	60
Figura 4.3.15-Esquema del encofrado de la cisterna .....	61
Figura 4.3.16-Hormigonado de cisterna.....	61
Figura 4.3.17-Modificación de la losa del recinto .....	62
Figura 4.3.18-Encofrado de la losa del recinto .....	62
Figura 4.3.19-Proceso de armado losa de recinto .....	62
Figura 4.3.20-Losa finalizada.....	62
Figura 4.3.21-Zona de conflicto .....	63
Figura 4.3.22-Zona de conflicto .....	63
Figura 4.3.23-Ejecución diferencial de la estructura .....	64
Figura 4.3.24-Limpieza sobre el terreno .....	65
Figura 4.3.25-Ejes principales de replanteo de la estructura .....	65
Figura 4.3.26-Replanteo caras de columnas .....	65
Figura 4.3.27-Dado de replanteo .....	65
Figura 4.3.28-Armado de una columna.....	66
Figura 4.3.29-Encofrado de columna en dos piezas.....	66
Figura 4.3.30-Montaje de una pieza de encofrado de columna.....	66
Figura 4.3.31-Verticalización de columnas .....	67
Figura 4.3.32-Encofrado de columna.....	67
Figura 4.3.33-Dosificación del aditivo (25 litros) .....	69
Figura 4.3.34-Probetas de hormigón para ensayar .....	69
Figura 4.3.35-Plano de encofrado (1ra licitación) .....	71
Figura 4.3.36-Módulo estructural .....	71
Figura 4.3.37-Módulo estructural .....	71
Figura 4.3.38-Sistema de rosca .....	72
Figura 4.3.39-Dispositivo de fijación de banquina .....	72
Figura 4.3.40-Soleras.....	72
Figura 4.3.41-Vista frontal del encofrado de losa .....	73
Figura 4.3.42-Vista aérea del encofrado de losa .....	73
Figura 4.3.43-Proceso de nivelación del fondo de losa .....	74
Figura 4.3.44-Confección de las armaduras de las vigas .....	74



Figura 4.3.45-Proceso de armado de losa nervurada.....	75
Figura 4.3.46-Disposición de estribos en losa nervurada .....	75
Figura 4.3.47-Forma de estribos en losa nervurada .....	75
Figura 4.3.48-Losa en espera del hormigón .....	76
Figura 4.3.49-Nivelado de losa durante hormigonado .....	77
Figura 4.3.50-Paño de trabajo .....	77
Figura 4.3.51-Losa en voladizo faltante-1er SS.....	77
Figura 4.3.52-Eschema de solución empleada en losa faltante .....	78
Figura 4.3.53-Perforaciones para anclaje químico .....	79
Figura 4.3.54-Anclajes ejecutados.....	79
Figura 4.3.55-Parrilla de anclaje del tensor .....	79
Figura 4.3.56-Disposición del tensor en la losa .....	79
Figura 4.3.57-Ejes de replanteo en pisos superiores.....	80
Figura 4.3.58-Traslado de ejes a pisos superiores .....	81
Figura 4.3.59-Traslado de ejes a pisos superiores .....	81
Figura 4.3.60-Demarcación de ejes sobre losa .....	81
Figura 4.3.61-Demarcación de ejes sobre losa .....	81
Figura 4.3.62-Picado de columna .....	82
Figura 4.3.63-Picado de columna .....	82
Figura 4.3.64-Remplazo de barras por las correspondientes .....	82
Figura 4.3.65-Replanteo de escalera a sala de cisterna.....	83
Figura 4.3.66-Encofrado losa de escalera a cisterna.....	83
Figura 4.3.67-Encofrado de escalones .....	83
Figura 4.3.68-Armadura de la escalera.....	84
Figura 4.3.69-Escalera ejecutada .....	84
Figura 4.3.70-Encofrado de la escalera .....	84
Figura 4.3.71-Armadura de la escalera.....	84
Figura 4.3.72-Armado del tabique.....	85
Figura 4.3.73-Encofrado del tabique .....	85
Figura 4.3.74-Armadura de zapata .....	86
Figura 4.3.75-Armadura en espera .....	86
Figura 4.3.76-Hormigonado del tabique de contención .....	86
Figura 4.3.77-Estado de las plantas estructurales.....	87
Figura 4.3.78-Estado de las columnas del Nivel 2.....	87
Figura 4.3.79-Estado del tabique del ascensor.....	88

Figura 4.3.80-Estado del muro de contención II .....	88
Figura 4.3.81-Terminación de la estructura del 1er SS .....	88
Figura 5.2.1-Representación gráfica del CPM .....	92
Figura 5.2.2-Diagrama de Gantt .....	93
Figura 5.3.1-Bloques A y B de la estructura .....	96
Figura 5.3.2-Diagrama de Gantt en edificación principal .....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.2.1-Rubros a ejecutar en la 2da licitación .....	13
Tabla 2.4.1- Información sobre las columnas .....	21
Tabla 2.4.2- Información sobre las vigas .....	23
Tabla 2.4.3-Superficies totales de losas de piso.....	24
Tabla 2.5.1- Elementos constituyentes .....	30
Tabla 4.3.1-Tiempos recomendados para desencofrar según el PET.....	57
Tabla 4.3.2-Propiedades del producto .....	68
Tabla 4.3.3-Resultados ensayos a compresión Losa 1°SS .....	69
Tabla 4.3.4-Resultados ensayos a compresión Losa PB .....	70
Tabla 5.3.1-Tareas cargadas al software.....	95
Tabla 5.3.2-Días de anegamiento .....	98
Tabla 5.3.3-Cómputo métrico estructuras de H°A° .....	99
Tabla 5.3.4-Cómputo métrico escaleras metálicas .....	100
Tabla 5.3.5-Rendimientos de la obra de estudio .....	101
Tabla 5.3.6-Calificativo según el grado de aproximación .....	101
Tabla 5.3.7-Resultados del análisis .....	102
Tabla 5.3.8-Referencias del Diagrama de Gantt.....	103
Tabla 5.3.9-Diagrama de Gantt de los resultados obtenidos.....	104
Tabla 5.4.1-Plan de avance real versus propuesto.....	108

## **1 INTRODUCCIÓN**

---

La Práctica Supervisada (PS) es una materia del último semestre de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ciencias Exáctas Físicas y Naturales. La misma tiene por objeto que el alumno se desempeñe en un ámbito laboral llevando a cabo tareas propias de la Ingeniería Civil, aplicando así de manera práctica los conocimientos aprendidos durante el proceso de formación profesional. Esta tarea se lleva a cabo junto a un profesional que lo acompaña y supervisa en este proceso.

La PS se realizó bajo la modalidad de Pasante No Rentado en la empresa constructora SAPYC S.R.L. El tutor externo es el Arquitecto Julio Vera, cuya función es la supervisión de las tareas realizadas en la empresa por el estudiante. Por otro lado, como tutor externo se designa al Dr. Ingeniero Julio A. Capdevila quien tiene la función de guiar y supervisar al estudiante en las tareas que se relacionen con la elaboración del presente informe.

### **1.1 MARCO DE TRABAJO EN EL QUE SE DESARROLLA LA PS**

La Práctica Supervisada se lleva a cabo en la obra “Edificio para las unidades ejecutoras del Instituto de Investigaciones Físico-Químicas de Córdoba (INFIQC) y el Centro de Investigaciones en Química Biológica de Córdoba (CIQUIBIC).”, adjudicada a la empresa SAPYC S.R.L. por Licitación Pública. Las tareas a desarrollar en la obra están relacionadas con la Dirección Técnica de las mismas, colaborando con el Jefe de Obra en función de las necesidades.

El eje temático adoptado por el estudiante para el desarrollo de la PS es el de las estructuras, de modo que se toman los siguientes rubros del Pliego de Especificaciones Técnicas:

- Demoliciones
- Movimientos de suelo
- Estructura en Hormigón Armado
- Escaleras

A continuación se presenta un Plan de Actividades que define las tareas que debe realizar el estudiante.

- Análisis de la obra, su organización y antecedentes de obras similares ejecutadas por la empresa.

- Análisis del Pliego de Especificaciones Técnicas (PET) y de la documentación gráfica.
- Análisis del estudio de suelo, sistema de fundación y de la estructura en H<sup>o</sup>A<sup>o</sup>, en el marco del tipo de edificación y de la zona de emplazamiento.
- Análisis de las técnicas de replanteo y ejecución de la estructura.
- Desarrollo de un plan de avance con intervalos semanales en base a los rubros asignados.
- Verificación de la correcta interpretación del registro gráfico y de la correcta ejecución de los elementos que componen la obra proyectada.
- Control de avance de la obra en relación al plan de trabajos presentado por la empresa y al propuesto por el Estudiante.

Como se puede apreciar en el Plan de Actividades, las tareas se pueden dividir en tres fases generales. La primera referida al estudio de las bases y condiciones del proyecto y todo lo que le concierne. La segunda referida a tareas relacionadas con la dirección técnica en obra, que permiten así una interpretación clara y directa de la manera en que debe llevarse a cabo la ejecución de un proyecto, y que además, son de suma importancia para lograr la última fase que corresponde al control de avance de la obra en relación a un plan de avance propuesto, tomando los rubros mencionados anteriormente.

## **1.2 OBJETIVOS**

La Práctica Supervisada se organiza en torno a una serie de objetivos que se pretenden alcanzar, pudiendo distinguir Objetivos Generales y Objetivos Específicos.

Objetivos Generales:

- Interacción permanente con un grupo de profesionales afines a la Ingeniería Civil. En este sentido, se prevé la integración del Practicante a un grupo de trabajo multidisciplinario conformado por profesionales y técnicos.
- Desarrollo personal y profesional en un ámbito de trabajo cotidiano. Se prevé que el Practicante logre, principalmente, comprender la importancia de la correlación entre desarrollo personal y desarrollo profesional, durante su actividad de trabajo.
- Aplicar y profundizar los conceptos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil. Este objetivo apunta a que el alumno integre los conceptos adquiridos durante el cursado de su carrera.

#### Objetivos Específicos:

- Leer, analizar e interpretar planos, informes y antecedentes.
- Leer de manera crítica bases de diseño, reglamentaciones y antecedentes relacionados a un proyecto de arquitectura.
- Conocer las técnicas de replanteo de obra.
- Manejar con fluidez aquellos aspectos relacionados a los procesos constructivos de una obra de arquitectura.
- Conocer aquellos aspectos relevantes relacionados a la higiene y seguridad en el trabajo realizado en la obra.
- Saber cómo debe transmitirse las indicaciones necesarias para la correcta ejecución de los elementos que conforman una obra de arquitectura.
- Lograr discutir con los profesionales que participan en el mismo proyecto los resultados obtenidos.
- Conocer las normativas vigentes y su implementación en obra.
- Comprender las responsabilidades que conlleva el desarrollo de la actividad y toda decisión tomada en cada paso de una obra en construcción.

### **1.3 LA EMPRESA**

La empresa en la que se realiza la PS se ubica sobre la Avenida Circunvalación S.O. 450 (Entre salida 12 y 13 B) en la Ciudad de Córdoba, Argentina. La razón social de la misma es "Sociedad Argentina de Proyectos y Construcciones – Sociedad de Responsabilidad Limitada" (SAPYC S.R.L.), desempeñándose como constructora y proyectista en los rubros de Electromecánica y Arquitectura.

Tomando su actividad principal, la misma ofrece diferentes servicios, tales como ejecución de líneas de alta, media y baja tensión, estaciones transformadoras, alumbrado público, montajes industriales, celdas y tableros eléctricos, iluminación y semaforización, obras civiles, edificios escolares, hospitales, viviendas, entre otras.

#### **1.3.1 Análisis de plazos de obras similares**

A continuación se realiza una breve descripción de obras ejecutadas por la empresa, de características similares a la obra en estudio, junto con un análisis de los plazos que se insumieron para su concreción. El fin es determinar si hubo algún atraso en los plazos en alguna de las obras, y en caso afirmativo, tratar cuales fueron las causas que llevaron al mismo.

### **1.3.1.1 Nueva Biblioteca Facultad Ciencias Agropecuarias.**

La obra tuvo por objeto la construcción de un edificio para la sede de la Biblioteca de Ciencias Agropecuarias en dos niveles, destinados a sala de lecturas, depósito de libros, área administrativa, boxes, sanitarios y servicios de apoyo. El sistema constructivo fue tradicional con estructura de hormigón armado (H<sup>0</sup>A<sup>0</sup>), tabiques de hormigón, carpintería de aluminio con parasoles móviles-fijos, tabiquería interior y cielorraso de placa de yeso, piso granítico y cerámico. La obra a la vez preveía instalaciones eléctricas, sanitarias, red de voz y datos, calefacción, detección contra incendio, detección contra intruso y un ascensor. En las Figuras 1.3.1 y 1.3.2 se aprecian algunas características de la misma.



*Figura 1.3.1-Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias*



*Figura 1.3.2-Biblioteca Facultad de Ciencias Agropecuarias*

A continuación se tratan aquellos aspectos relacionados con los tiempos insumidos en la ejecución de la obra.

- Plazo de obra oficial: 270 días
- Fecha de inicio: 25/03/2010
- Fecha de finalización prevista: 20/10/2010
- Fecha de última certificación: 01/05/2011

Al darse inicio de la obra la contratista se encontró frente a la situación de que no contaba con una documentación certera acerca de las instalaciones existentes, la cual era sumamente necesaria debido a que en la zona en que se iba a implantar la edificación se encontraban servicios existentes de gas, agua, voz y datos, eléctricas, y telefonía. Ante la problemática se tuvo que realizar una excavación de forma manual a modo de sondear la zona, lo cual produjo un atraso de 30 días.

La otra cuestión que impactó de forma considerable en los plazos de obra estuvo relacionada con la demora en la habilitación de la conexión de gas por parte de la empresa prestadora del servicio. La conexión de abastecimiento implicaba una cañería de media presión y una casilla reguladora de gas para la alimentación de un sistema de calefacción, cuestiones que catalogaron a la instalación como de tipo industrial e impactó de forma negativa a la hora de la habilitación del servicio. De este modo, luego de haberse finalizado la obra se tuvo que esperar aproximadamente 6 meses para que el servicio sea habilitado y poder así concretarla.

En aquel entonces varias obras en Ciudad Universitaria tenían la problemática ligada a las habilitaciones de las conexiones de gas, ya que la capacidad de la red instalada estaba llegando a su límite.

### **1.3.1.2 Ampliación Edificio Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño**

La obra consistió en la construcción de la 2ª Etapa del Edificio de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba. La misma contemplaba la construcción de aulas, talleres, boxes para docentes, cantina, terraza, jardín al aire libre, circulaciones horizontales, verticales y vinculación con los edificios existentes, sanitarios y servicios complementarios. En las Figuras 1.3.3 y 1.3.4 se aprecian algunas características de la obra llevada a cabo por la contratista.



*Figura 1.3.3-Ampliación FAUD*



*Figura 1.3.4-Ampliación FAUD*

A continuación se tratan aquellos aspectos relacionados con los tiempos insumidos en la ejecución de la obra.

- Plazo de obra oficial: 360 días
- Fecha de inicio: 01/07/2011
- Fecha de finalización prevista: 25/06/2012
- Fecha de última certificación: 07/05/2014



Durante el desarrollo de la obra se dieron una serie de reiteradas peticiones de modificación por parte de los proyectistas, cuestiones que llegaron a insumir en algunos casos un plazo de hasta 4 meses para fueran resueltos. Sumada a esta problemática, nuevamente se presentó el inconveniente de la habilitación de la conexión de gas, pese a haber iniciado los trámites correspondientes con una mayor antelación que en la obra anterior y pese a que las autoridades de Planeamiento Físico de la UNC solicitasen la agilización de los mismos a la empresa encargada de la prestación del servicio.

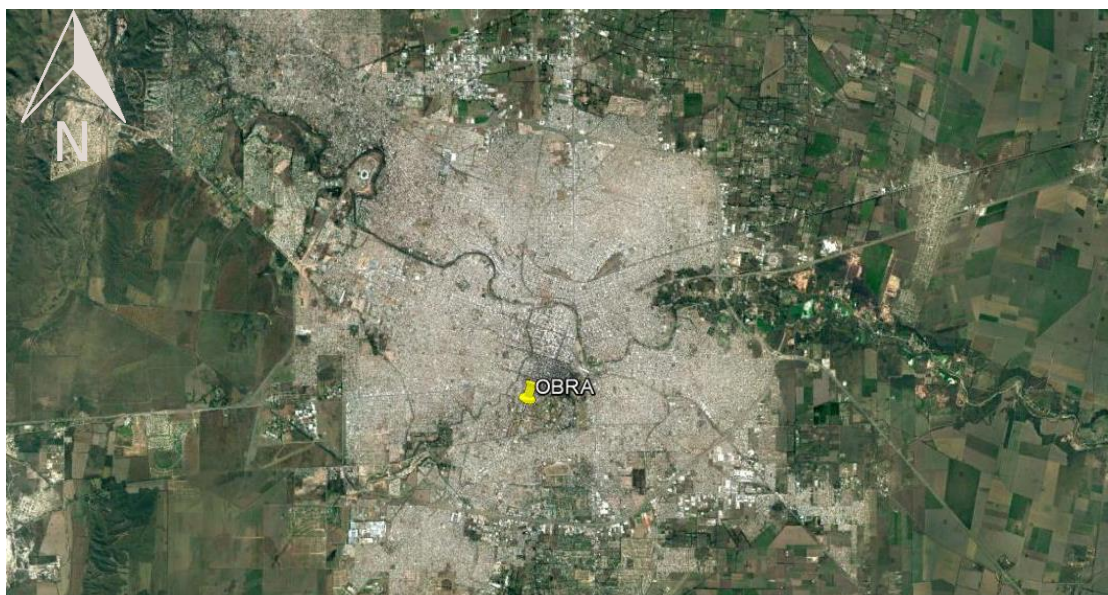
De este modo la obra se habilitó en marzo de 2013, mientras que la habilitación de gas necesaria para realizar la última certificación se dio recién en marzo del 2014.

## 2 LA OBRA

---

### 2.1 UBICACIÓN

La obra es colindante a la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) de la Universidad Nacional de Córdoba, ubicada en Ciudad Universitaria, Ciudad de Córdoba, Argentina (Lat.: -31.436680°; Long: -64.192993°). En las Figuras 2.1.1 a 2.1.3 se ubica la obra con distintas escalas, hasta llegar a un croquis elemental que demarca la zona de obra, en la Figura 2.1.4. En la Figura 2.1.3 se puede apreciar el acceso principal a la obra por la calle que se desprende de la Avenida Haya de la Torre y por la que también se accede a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN).



*Figura 2.1.1-Ubicación geográfica en la Ciudad de Córdoba*



Figura 2.1.2-Ubicación geográfica en Ciudad Universitaria



Figura 2.1.3-Vista satelital del terreno-Zona de obra

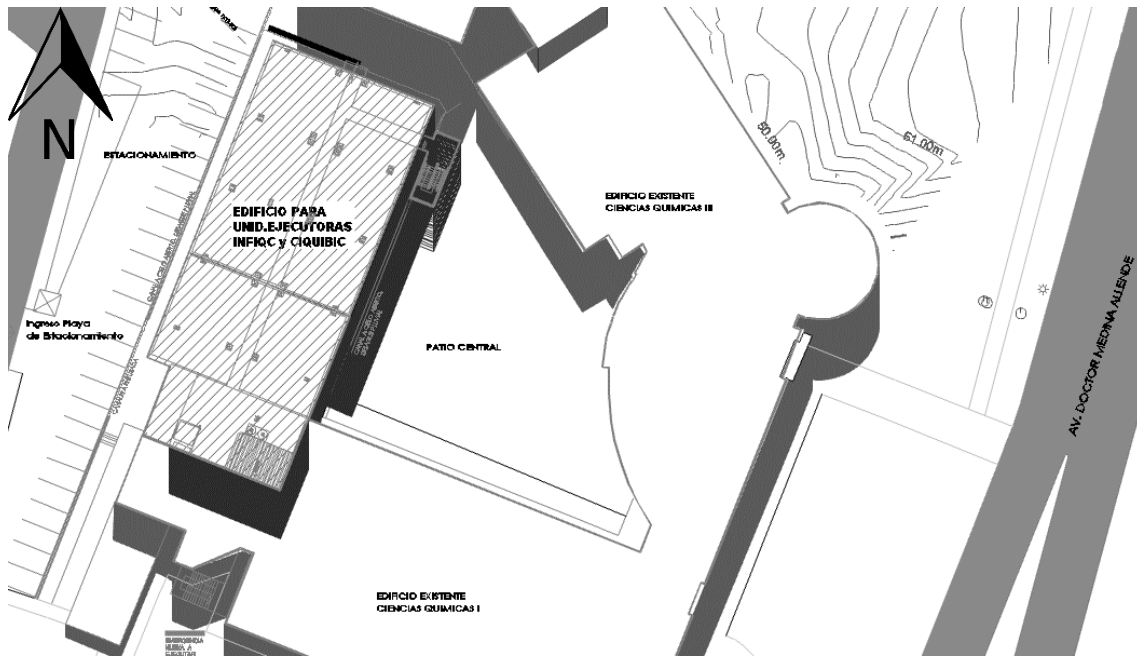


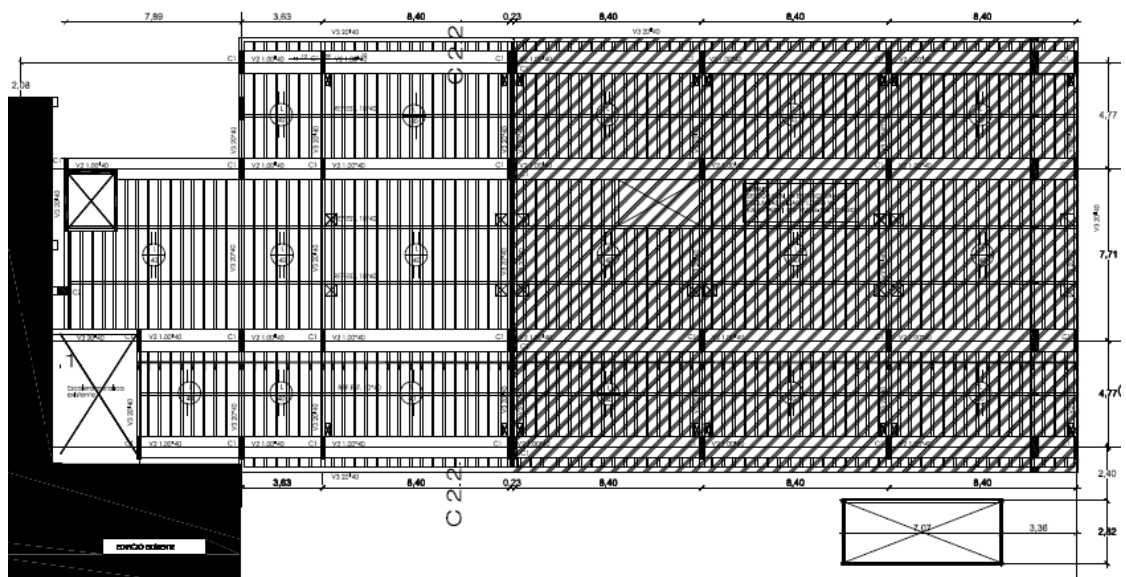
Figura 2.1.4-Croquis de la de la obra

## 2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL

La presente obra de arquitectura corresponde a un proyecto financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y destinado a las instituciones INFIQC y CIQUIBIC, actuando estas últimas como comisión evaluadora en esta segunda licitación pública, la cual tiene como adjudicatario a la empresa constructora SAPYC SRL.

La obra se debe ejecutar en un plazo de 270 días, mediante ajuste alzado como sistema de contratación y con un monto de obra que asciende a los \$23.485.250, dándose el comienzo de la misma en marzo del 2016.

El proyecto consiste en realizar una edificación en H°A° de 6 niveles, de configuración rectangular en planta y con medidas de 46m por 20m, teniéndose así una superficie proyectada sobre el terreno de 920m<sup>2</sup>. En este segundo llamado de licitación ya se encuentra realizado un primer módulo de la estructura con sus 6 niveles completos, el cual representa aproximadamente el 60% de la estructura total. Esto se aprecia en la Figura 2.2.1, donde la zona sombreada indica la estructura ya ejecutada. De este modo, una vez terminado este segundo módulo, la edificación se vinculará con la FCQ a través de una escalera metálica.



*Figura 2.2.1-Estructura ejecutada en la 1ra licitación*

En la Figura 2.2.2 se puede apreciar el aspecto terminado que tendrá el proyecto, mientras que la Figura 2.2.3 contiene la Planta de Arquitectura del 1er SS del proyecto, y un corte según la línea B-B en la Figura 2.2.4.



*Figura 2.2.2-Aspecto terminado del edificio*

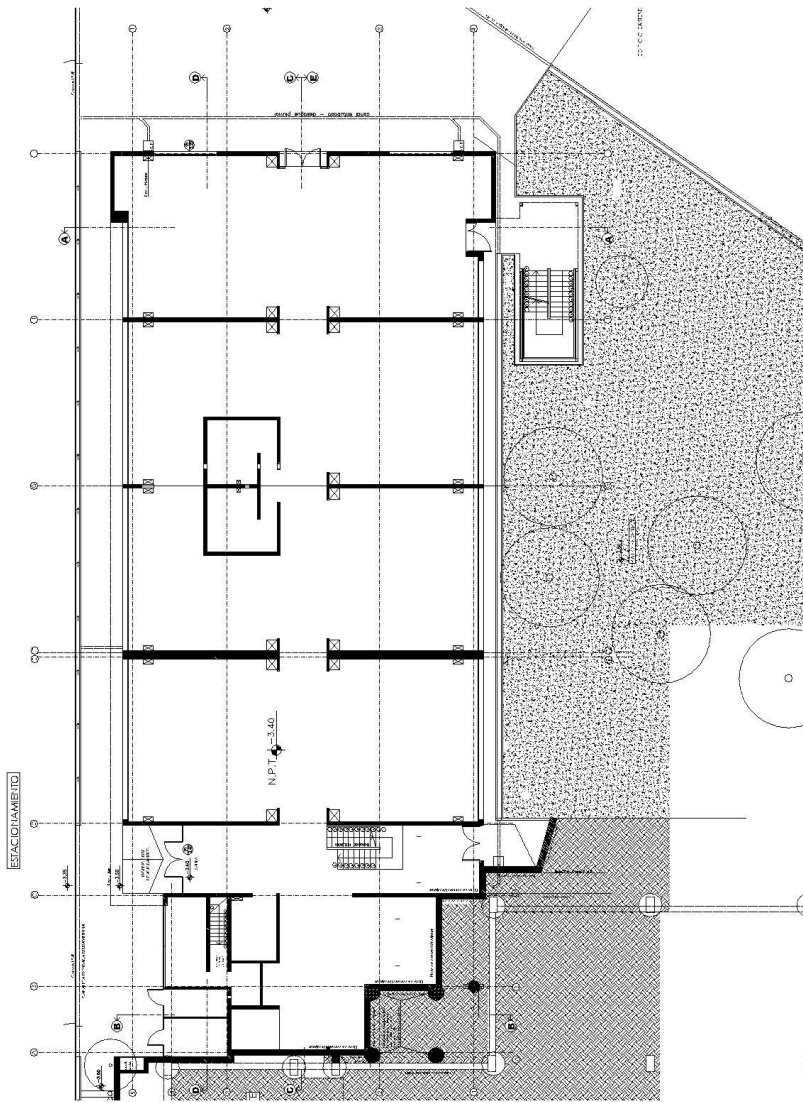


Figura 2.2.3-Planta de Arquitectura del 1er SS

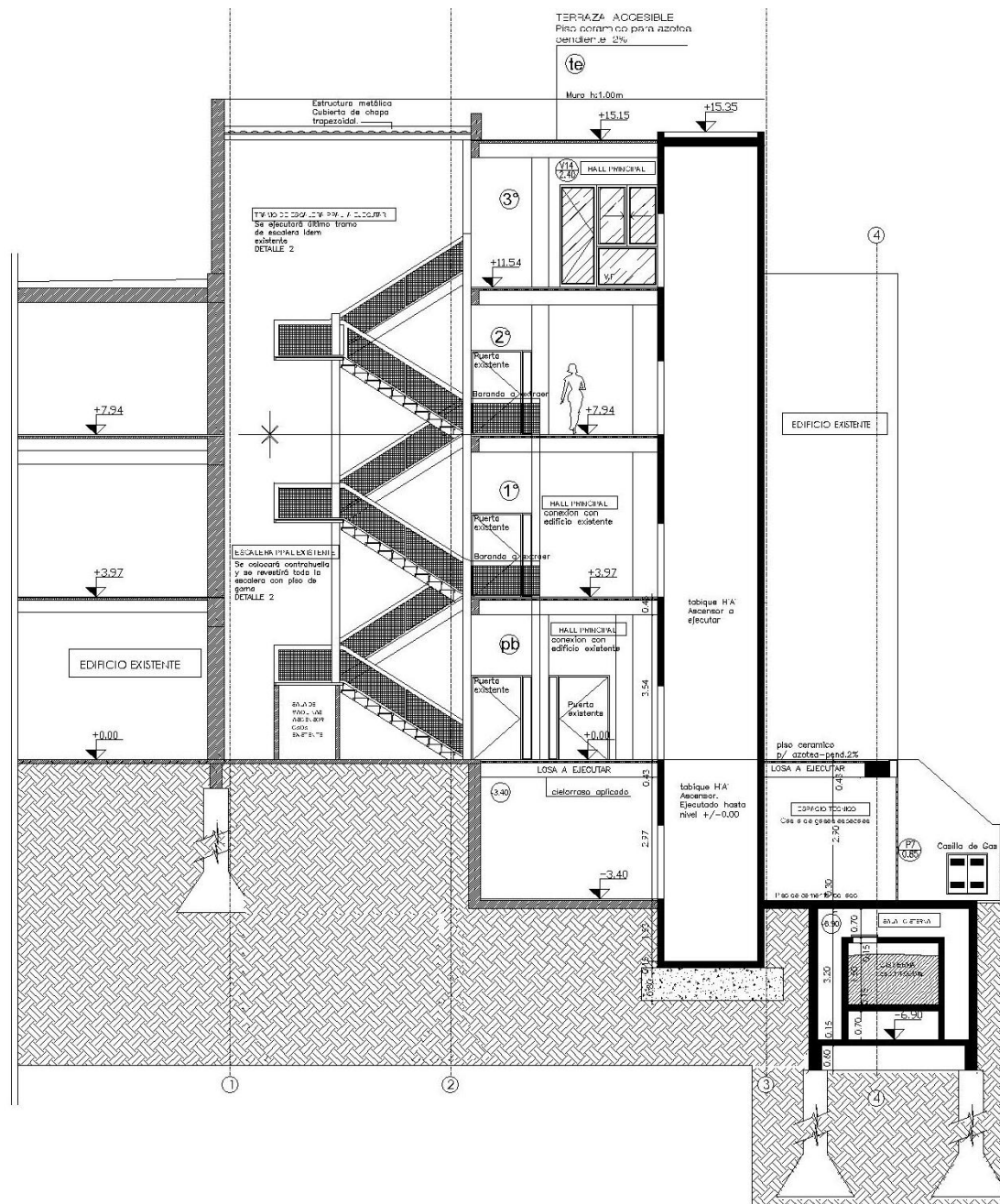


Figura 2.2.4-Corte B-B de la edificación

Como se puede apreciar en el corte de la Figura 2.2.4, la edificación cuenta con un total de 7 niveles si se incluye la Planta de Techos, cuya designaciones desde el nivel más bajo son Segundo Subsuelo, Primer Subsuelo, Planta Baja, Nivel 1 a 3 y Planta de Techo. Una particularidad que se tiene en esta obra es lo que respecta a los niveles de piso terminados y su designación. Debido a los desniveles naturales del terreno entre el edificio existente de la FCQ y la obra en estudio, se designa en planos como “Primer Subsuelo” al nivel por el cual se accede al nuevo edificio desde el estacionamiento de la edificación, no representando un subsuelo en sí mismo como lo indica la palabra. Esto

es así para dar una continuidad a las designaciones de las plantas, tomándose como referencia el edificio ya existente de la FCQ, tal como se muestra en el corte. Cabe aclarar además, que los niveles de piso del proyecto son condicionados por los niveles de la edificación ya existente de la FCQ, para dar así continuidad en la circulación entre ambos.

Por último y a modo informativo, la Tabla 2.2.1 contiene los rubros que contempla esta segunda licitación, remarcándose en negrita los analizados en este informe por el Estudiante (rubros 3, 4, 5 y 17). Otra particularidad es que la obra comprende 21 rubros de los 42 que posee el proyecto, por lo que será necesario realizar al menos otra licitación para su finalización.

*Tabla 2.2.1-Rubros a ejecutar en la 2da licitación*

<b>Nro.</b>	<b>RUBRO</b>
1	Trabajos Preliminares
2	Procedimientos y Cumplimientos
<b>3</b>	<b>Demoliciones</b>
<b>4</b>	<b>Movimientos de Tierra</b>
<b>5</b>	<b>Estructura de Hormigón</b>
6	Mampostería
7	Tabiques de Placas de Yeso
8	Aislaciones
9	Cubiertas y Zinguerías
10	Revoques
11	Revestimientos
14	Contrapisos y Carpetas
15	Pisos
<b>17</b>	<b>Escaleras</b>
18	Zócalos
20	Pintura
22	Carpintería Metálica y herrería incluye vidrios
23	Carpintería de Aluminio incluye vidrios
27	Instalación Sanitaria
35	Limpieza y Ayuda de Gremio

### **2.3 FUNDACIONES**

En la presente sección se realiza un análisis sobre las fundaciones que emplean las distintas estructuras de la obra de estudio, dividiendo la temática en tres partes para su abordaje. En la primera se expone el estudio de suelo realizado para el proyecto, y en base a esta información, se justifica en una segunda, el tipo y cota de fundación que adopta la contratista en aquellas fundaciones que debe ejecutar. Por último, en la tercera parte se lleva a cabo una descripción del sistema de fundación que emplean las distintas estructuras a ejecutar.



En el Anexo se presentan los planos de fundaciones de la estructura de hormigón armado y de las escaleras metálicas, según el siguiente detalle:

- Plano 1: Planta de Fundaciones Estructuras de H°A°.
- Plano 2: Planta de Fundaciones Escaleras Metálicas.

### **2.3.1 Estudio de Suelo**

A continuación se presenta el estudio de suelo realizado por el profesional a cargo del mismo, sobre el lugar de emplazamiento de la obra en estudio. La Figura 2.3.1 muestra los resultados de un ensayo de penetración dinámica, de modo que cada punto representa el número de golpes (energía) que es necesario ejercer sobre un instrumento de sondeo para lograr hincarlo en el suelo un total de 0,30m. Esto se realiza progresivamente, retirándose el material que se deposita dentro del instrumento en cada paso de avance (cada 0,30m), hasta la profundidad de -22,20m desde nivel de terreno (NT). Sin pretender profundizar en detalles técnicos sobre este tipo de ensayo, la gráfica representa un estimativo de la resistencia del suelo en profundidad.

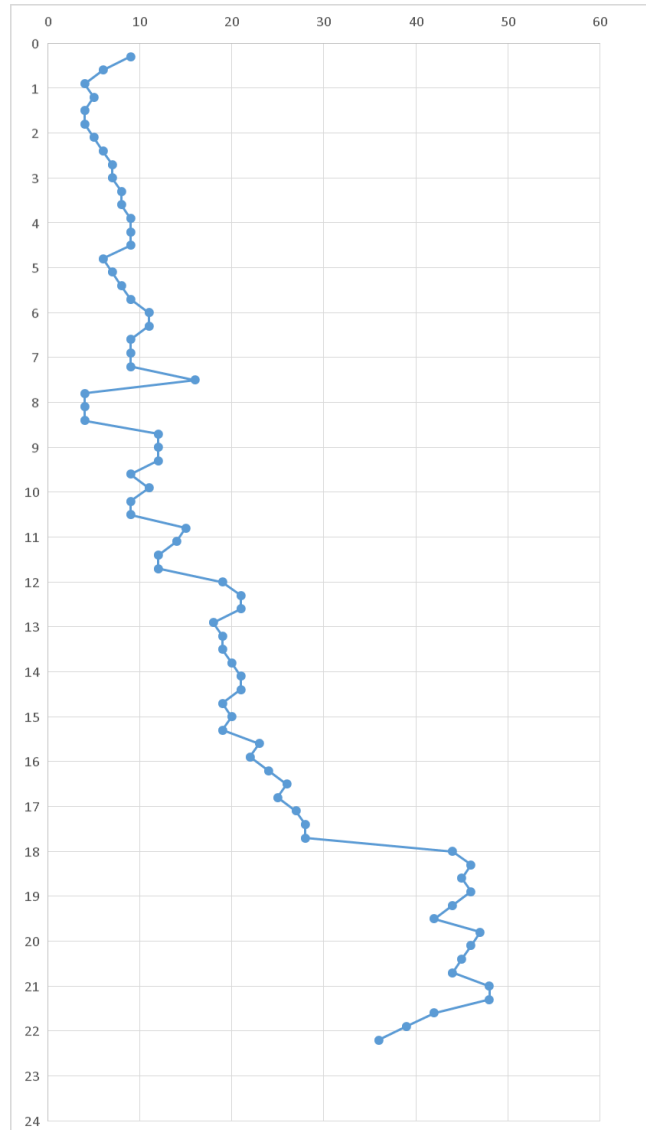


Figura 2.3.1-Ensayo de penetración

En línea con el esquema de la Figura 2.3.2, se expone a continuación la descripción del suelo correspondiente al sondeo realizado. En este sentido, desde el nivel de terreno natural hasta la profundidad de -0,40m se encuentra un manto de *limo arenoso pardo oscuro con material de relleno*. A continuación, y hasta los -13,70m de profundidad, se tiene un horizonte de *limo arenoso pardo poco compacto con características de suelo potencialmente colapsable*. Desde los -13,70m hasta los -18m se desarrolla un manto de *limo pardo oscuro de mediana compactidad*. Por último, a partir de los -18,00 m se desarrolla un estrato de *limo arenoso parcialmente cementado*, cuya continuidad se verificó hasta la profundidad de -22,20m.

Tomando la información expuesta, el profesional recomienda:

- Cota promedio de fundación: -18,00 a -19,00 metros.
- Material de Apoyo: Limo arenoso parcialmente cementado.
- Tensión de Apoyo: 30 t/m<sup>2</sup>
- Valores Friccionales: [0,00m;-3,00m]=0,00 t/m<sup>2</sup>  
[-3,00m;-12,00m]=1,50 t/m<sup>2</sup>  
[-12,00m;-22,50m]=2,00 t/m<sup>2</sup>
- Se podrá ejecutar la fundación mediante la utilización de pilotes o pozos cavados manualmente. Durante los trabajos de excavación se comprueba la factibilidad de realizar ensanches en la base del pozo. Se recomienda realizar inyección de lechada agua-cemento en la base de pozos o pilotes, esta operación mejora sustancialmente las características friccionales de los elementos de fundación, además de lograr la uniformidad de los mismos (compatibilidad de asentamientos).

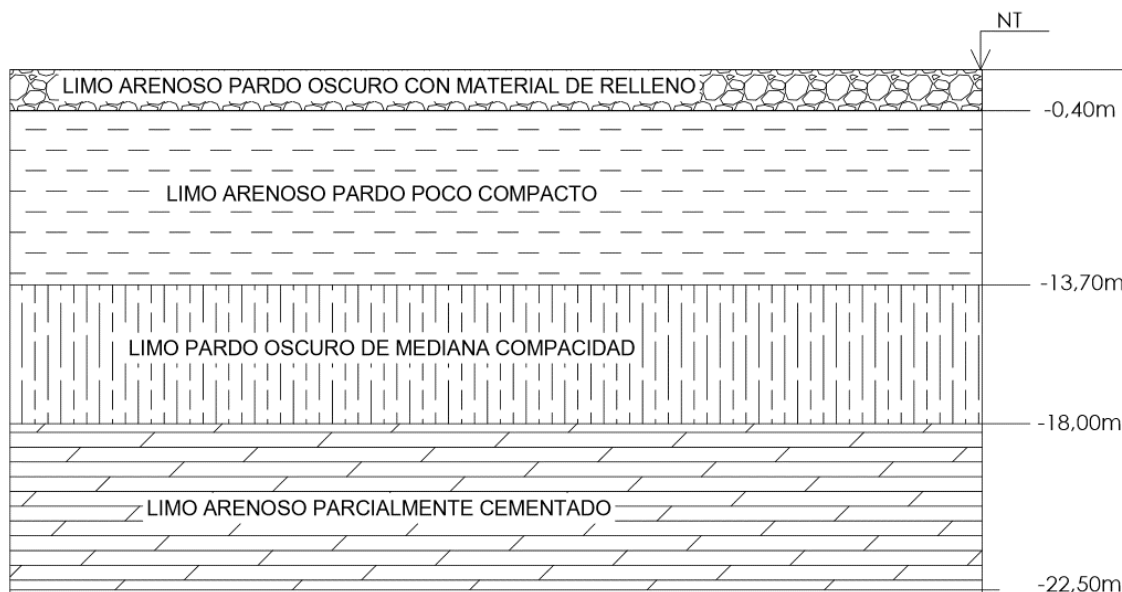


Figura 2.3.2-Esquema del perfil de suelo

### 2.3.2 Selección de cota y tipo de fundación

En este segundo llamado de licitación ya se encontraban realizadas las fundaciones de las estructuras de H°A°, de modo que la contratista solo debió definir y ejecutar las sustentaciones para dos escaleras metálicas y un equipo sensible a las vibraciones.

En las escaleras metálicas se opta por una fundación del tipo profunda mediante el empleo de pilotes flotantes de H°A° excavados in situ, con una cota de desplante de -10,00m. A pesar de no seguirse expresamente las recomendaciones expresadas en el informe por el profesional en cuanto a cota y a inyecciones en las bases de los mismos, esto no supone incurrir en un riesgo, ya que se trata de una estructura liviana y de uso eventual ante una emergencia, en donde las fundaciones que se emplean trabajaran muy por debajo de su capacidad de carga. Además, si se produjese un asentamiento diferencial en una de las bases, la escalera no se vería afectada estructuralmente y hasta se podría trabajar sobre la misma para corregir ese desplazamiento, sin afectar el desempeño de las actividades en las instalaciones debido a que ambas escaleras se encuentran en el exterior y son de fácil acceso. Dadas todas estas cuestiones, no se justifica el gasto extra que implicaría realizar una fundación a una profundidad de -18,00m con una precarga en la base del pilote.

Por otro lado, para el equipo sensible se opta por una fundación superficial, compuesta por una platea de H°A° que apoya sobre un paquete estructural. El fin es lograr que no se produzcan asentamientos diferenciales cuando se coloque el equipo sensible a desniveles y vibraciones, con un peso de 500kg. Otro aspecto importante a considerar está relacionado con las vibraciones que pudieran afectar al equipo, y esto se evita aislando la fundación de la estructura.

### **2.3.3 Sistema de Fundación**

A continuación se realiza una breve descripción y análisis de los tres sistemas de fundación destinados a las estructuras que se deben ejecutar en esta segunda etapa de obra. De esta manera, se comienza con el de la estructura de H°A°, para luego tratar el de las estructuras metálicas y finalmente el de la fundación especial.

#### **2.3.3.1 Estructuras de Hormigón Armado**

Las fundaciones de las estructuras de H°A° ya habían sido ejecutadas para la primera etapa de licitación, razón por la cual se debió realizar una recopilación de información acerca de las mismas. De esta manera, se pudo determinar que estas estructuras se sustentan a través de pilotes de H°A° que poseen una cota de -18,00m de profundidad desde nivel de terreno y emplean vigas de arriostriamiento de 25x60cm.

La totalidad de los fustes de los pilotes se ejecutaron mediante máquina hasta la cota de fundación, y luego el acampanado de los mismos se realizó de forma manual. Debido a esta metodología de terminación manual se decidió no realizar las precargas

sobre las bases de los pilotes, argumentando que al emplearse este tipo de terminación es posible asegurar que no queden desperdicios de material propios de la excavación mecánica sobre el estrato de apoyo, lográndose así reducir la incompatibilidad de deformaciones por fuste y punta. La Figura 2.3.3 contiene un plano de la Planta de Fundación de la Estructuras de Hormigón. Como se aprecia en la misma, el acampanado de los pilotes como su cantidad varía de acuerdo a la carga de diseño.

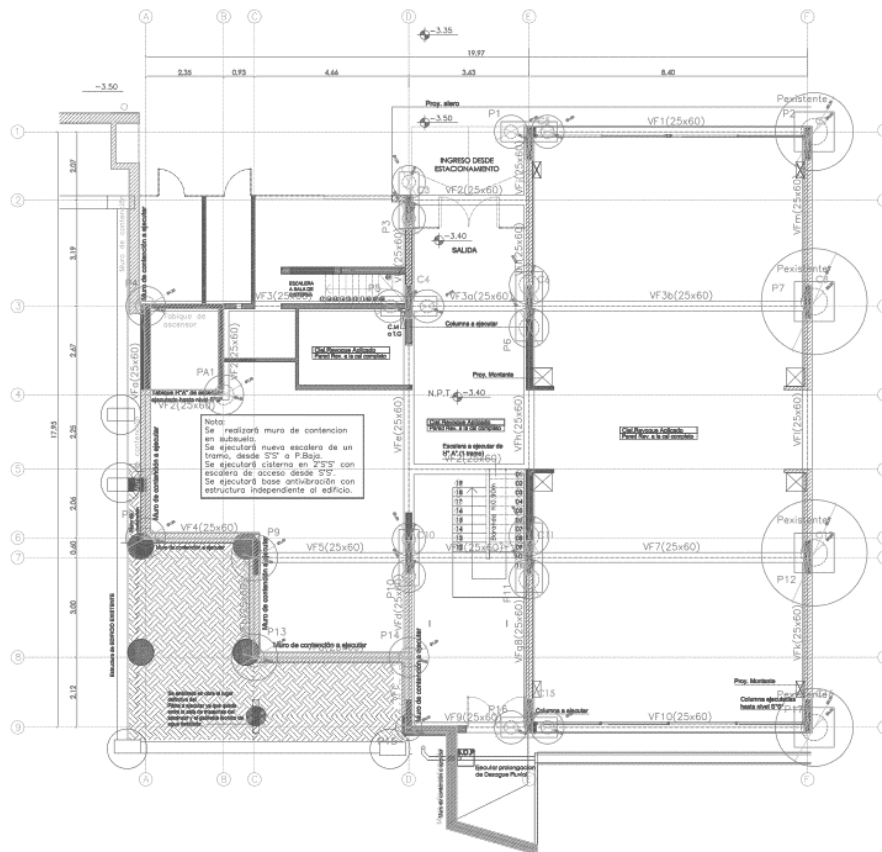


Figura 2.3.3-Planta de Fundaciones

### 2.3.3.2 Estructuras Metálicas

Los pilotes flotantes destinados a la sustentación de las escaleras metálicas de emergencia tienen un diámetro de fuste de 0,40m y una campana de 0,80m, siendo su ejecución por medios mecánicos.

El número total de pilotes es de 15, donde 7 corresponden a la escalera ubicada sobre Av. Haya de la Torre (Fig. 2.3.4) y los restantes 8 a la escalera ubicada sobre el Patio Central (Fig. 2.3.5), empleándose en ambos casos vigas de arriostramiento de 25x25cm. Por otro lado los materiales intervinientes son hormigón tipo H-17 y acero ADN-420 para las armaduras.

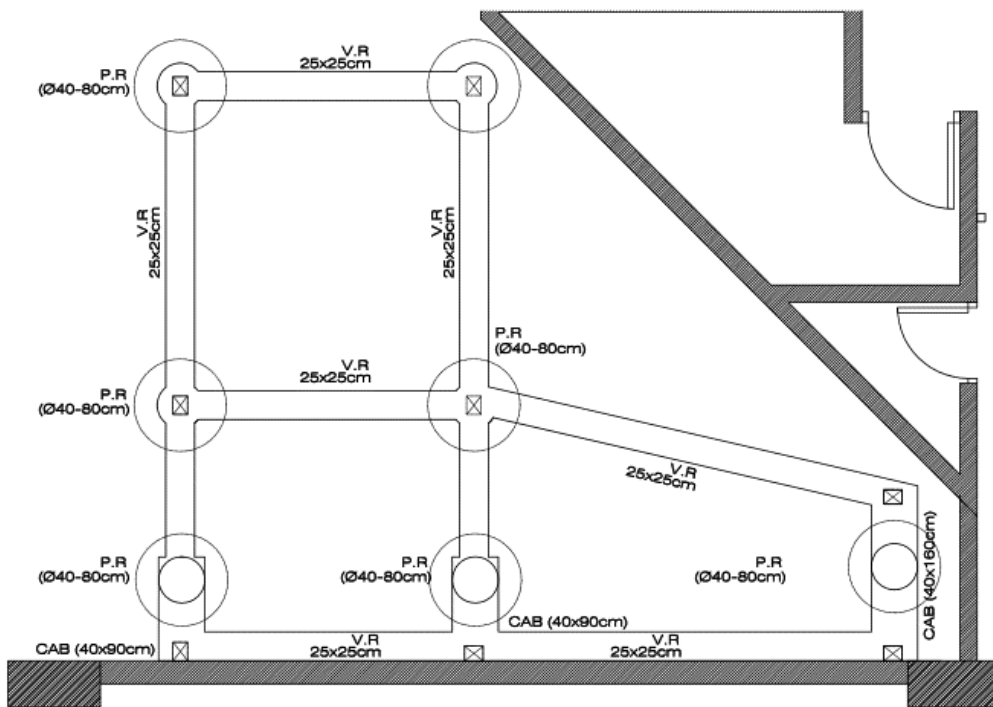


Figura 2.3.4-Planta de Fundación esc. metálica sobre Av. Haya de la Torre

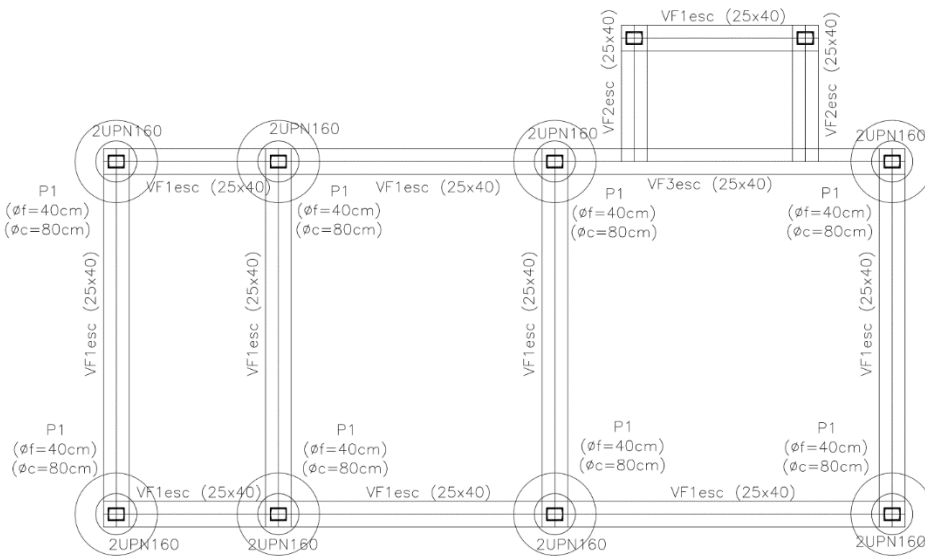


Figura 2.3.5-Planta de Fundación escalera metálica sobre Patio Central.

### 2.3.3.3 Equipo Sensible

El edificio en estudio debe alojar en su interior un equipo de 500kg sensible a los desniveles y vibraciones. De este modo, para evitar que se produzcan asentamientos de la base, la contratista decide emplear una fundación superficial que consiste

básicamente en un paquete estructural de 1,25m de espesor. El mismo se compone de diversas capas, cuya rigidez disminuye en profundidad, de manera de atenuar el bulbo de presiones y minimizar la tensión de contacto sobre el terreno natural, de baja capacidad de carga.

Por otro lado, para lograr aislar la base de aquellas vibraciones propias de la edificación, no solo se la proyecta en el 1er SS sobre el nivel de terreno natural, sino que a la vez se prevé una junta de poliestireno expandido sobre todo el contorno del paquete estructural.

En la Figura 2.3.6 se presenta un corte de la fundación, especificándose disposiciones, dimensiones, materiales empleados y grados de compactación requeridos.

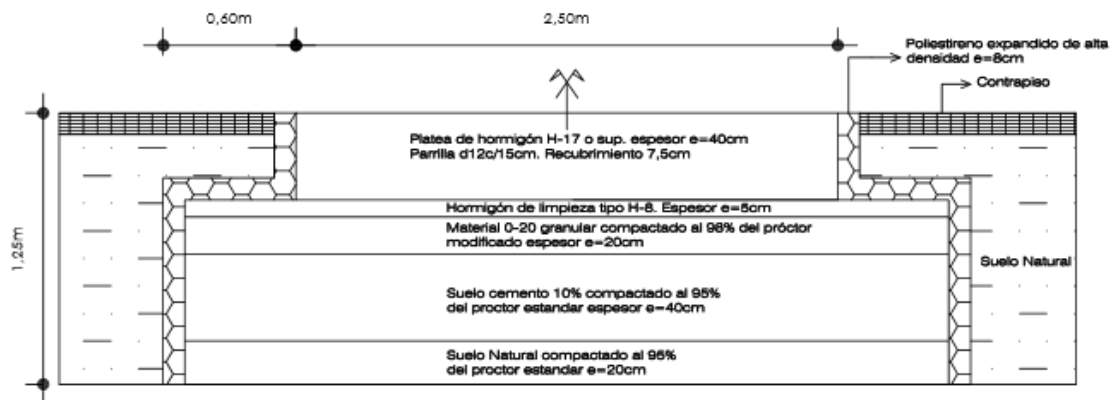


Figura 2.3.6-Fundación superficial para equipo sensible

## 2.4 ESTRUCTURAS EN HORMIGÓN ARMADO

En esta sección se analizan las estructuras de H°A° que se deben ejecutar en la obra en estudio, entre éstas, el segundo módulo de la edificación, los muros de contención, las escaleras, el tabique del ascensor y la cisterna.

Los materiales empleados comprenden hormigón tipo H-21 y acero ADN-420 para las armaduras.

Los siguientes planos adjuntos en el Anexo contienen en mayor detalle las estructuras tratadas:

- Plano 3: Planta Estructural Sobre 2do SS
- Plano 4: Planta Estructural de Cisterna
- Plano 5: Planta Estructural del 1er SS

- Plano 6: Planta Estructural PB-N1-N2-N3

### 2.4.1 Edificio principal

El edificio cuenta con Subsuelo, Planta Baja y 3 pisos superiores con alturas que varían en 3,00m, 3,60m y 3,20m. El segundo módulo a ejecutar se separa estructuralmente del primero a través de una junta constructiva de 3cm de espesor. La estructura resistente del edificio es constituida por un sistema de pórticos vinculados en los distintos niveles de piso por losas nervuradas.

El pasadizo del ascensor hidráulico se proyecta mediante un tabique de H°A° que se vincula estructuralmente a la edificación, y cuyo recorrido se extiende en toda la altura de ésta, sin necesidad de colocar una sala de máquinas en la planta de techos debido las características técnicas del ascensor.

#### 2.4.1.1 Columnas

La Figura 2.4.1 contiene el plano de replanteo del 1er SS, en el cual es posible apreciar la disposición en planta de las columnas intervinientes en ese nivel. Las mismas son de sección rectangular, con dimensiones que varían tanto en planta como en altura, según se detalla en la Tabla 2.4.1. Además se indica la altura de cada nivel, medido desde los nudos de las columnas.

Tabla 2.4.1- Información sobre las columnas

Nivel	Dimensiones	Total por nivel	Columnas Nro.
1er SS 3,20 m	20x50	1	1
	20x80	3	7-16-10
	20x100	2	8-12
	25x80	6	3-4-5-6-11-15
	40x50	1	8a
PB-N1 3,97 m	20X80	6	2-9-12a-13-14-16
	20X100	2	7-12
	25X80	7	1-4-5-6-11-15-10
	50X40	1	8
N2-N3 3,60 m	20x60	8	1-2-4-9-12a-13-14-16
	20x80	2	7-12
	25x60	5	5-6-10-11-15
	50x40	1	8



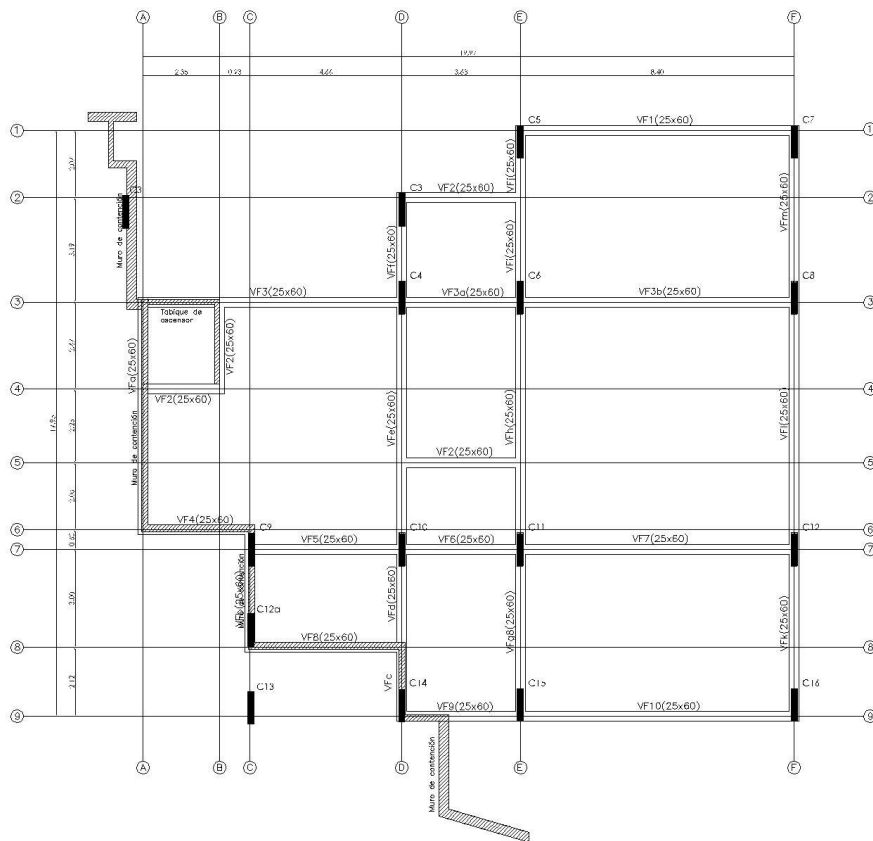


Figura 2.4.1-Disposición de las columnas

### 2.4.1.2 Vigas

Las vigas de la edificación poseen sección rectangular con una altura de 40cm igual al espesor de la losa, lo que permite ocultarlas dentro de ésta sin que sobresalgan. Algunas vigas alcanzan a tener luces de 8.40m, con 1.00m de ancho.

En la Figura 2.4.2 se puede apreciar la Planta Estructural de PB, para la cual se tiene un total de 18 ejes de replanteo de vigas. La Tabla 2.4.2 contiene las distintas dimensiones seccionales de las vigas intervinientes, junto con el nombre de aquellas que la emplean.

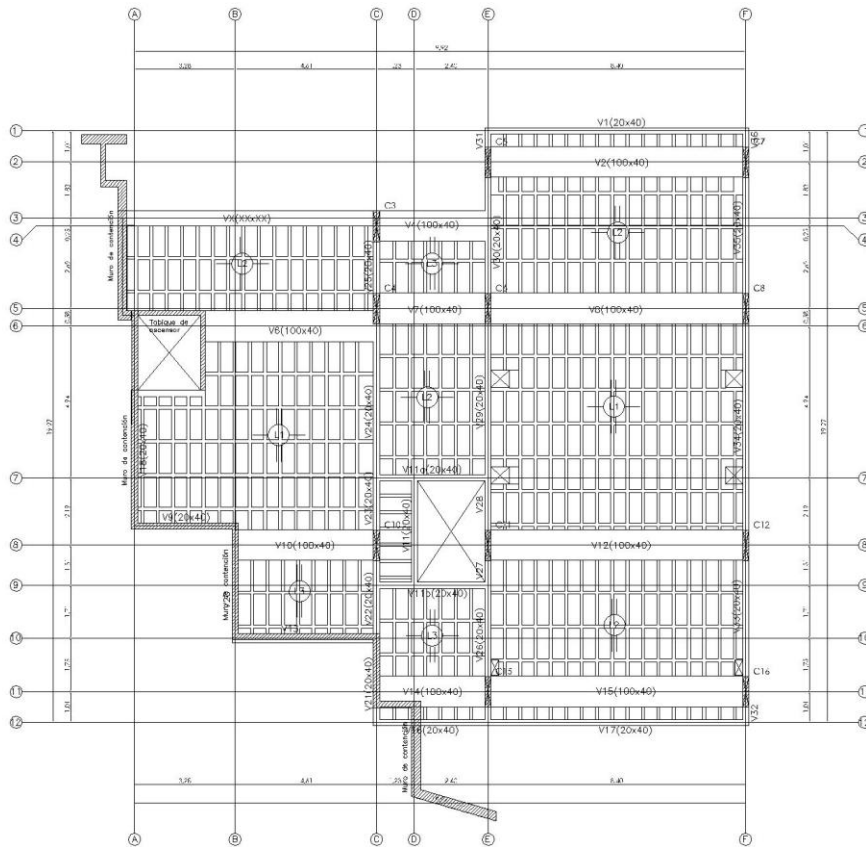


Figura 2.4.2-Planta Estructural de PB

Tabla 2.4.2- Información sobre las vigas

Sección	Vigas que la utilizan
<b>20x40</b>	1-9-11-11a-11b-13a-16-17-18-19-20-21-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36
<b>50x40</b>	3-4-5
<b>100x50</b>	6-7-8-10-12-13-14-15

### 2.4.1.3 Losas Nervuradas

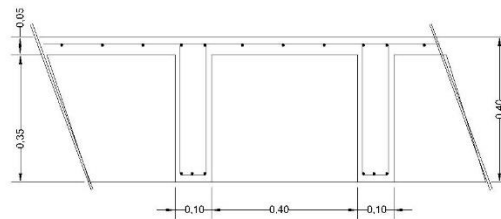
La materialización de los distintos entresijos, se realiza mediante losas nervuradas de 0,40m de espesor, con una altura de 0,05m para la capa de compresión y 0,35m de altura de nervio. El ancho del nervio es de 0,10m, utilizando como elemento alivianador molones perdidos de poliestireno expandido, con dimensiones según su disposición en planta de 0,40m por 1,00m y una altura de 0,35m. La posición y dimensiones de los nervios se define al colocar los molones, según se observa en la

Figura 2.4.2. Además, la Figura 2.4.3 contiene dos cortes perpendiculares entre sí, de la losa en cuestión.

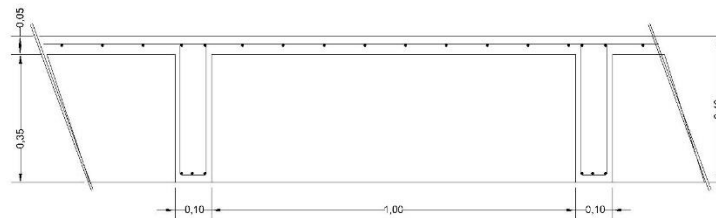
Por último, la Tabla 2.4.3 contiene la superficie total de losas nervuradas que se deben ejecutar en cada nivel.

Tabla 2.4.3-Superficies totales de losas de piso

Nivel Sobre	Superficie [m2]
1er SS	242,9
PB	226,56
1	253,92
2	253,92
3	253,92



DETALLE CORTE EJE 8-8



DETALLE CORTE EJE B-B

Figura 2.4.3-Detalle de losa nervurada

#### 2.4.1.4 Escaleras

En este segundo módulo de la edificación se deben ejecutar dos escaleras de H°A°, cuyas ubicaciones en planta se puede consultar en el Plano 9 de la Planta de Arquitectura del 1er SS, adjunto en el Anexo.

La escalera que vincula el 1er SS con PB surgió en la fase de proyecto ante la imposibilidad de agregarle un tramo inferior a la escalera metálica existente, pretendiendo de este modo darle continuidad a la circulación vertical del edificio. El

nombre con el cual se la designa en los Planos de Arquitectura es de “ESCALERA A EJECUTAR H°A° UN TRAMO”, y la Figura 2.4.4 contiene un corte de la misma.

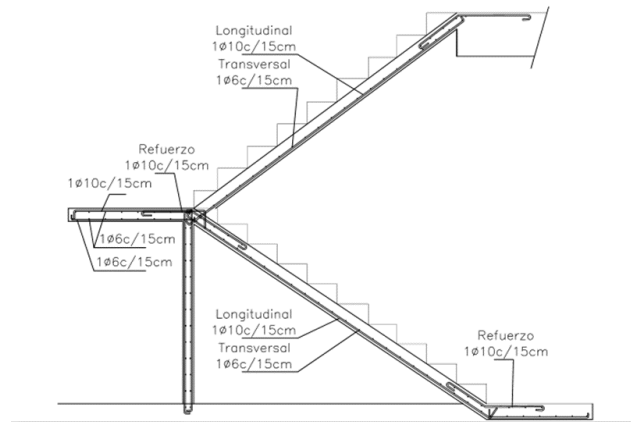


Figura 2.4.4- Corte de la escalera a ejecutar H°A° un tramo

La otra escalera en cuestión es aquella que vincula el 1er SS con el 2do SS (Sala de Cisterna). A diferencia de la escalera anterior, ésta sólo es utilizada por personal de mantenimiento, motivo por el cual se encontró menos condicionada en su diseño, más aún si se tiene en cuenta el reducido espacio en la que se debe proyectar. Su designación en los planos de arquitectura es de “ESCALERA A SALA DE CISTERNA “, y la Figura 2.4.5 contiene un corte de la misma.

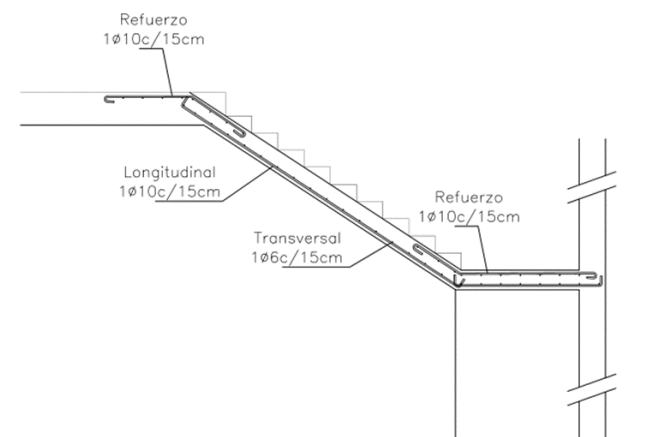


Figura 2.4.5-Corte de la escalera a sala de cisterna

#### 2.4.1.5 Tabique del Ascensor

El pasadizo del ascensor, con dimensiones en planta de 2,00m por 2,50m (Fig. 2.4.6), se realiza mediante tres tabiques de H°A° de 0,15m de espesor. El tabique no tiene un comportamiento estructural aislado, sino que se vincula en toda su altura con las vigas y losas de entrepisos. De este modo, el mismo recorre todos los niveles del edificio (Fig. 2.2.4) adquiriendo una altura total de 20,40m.

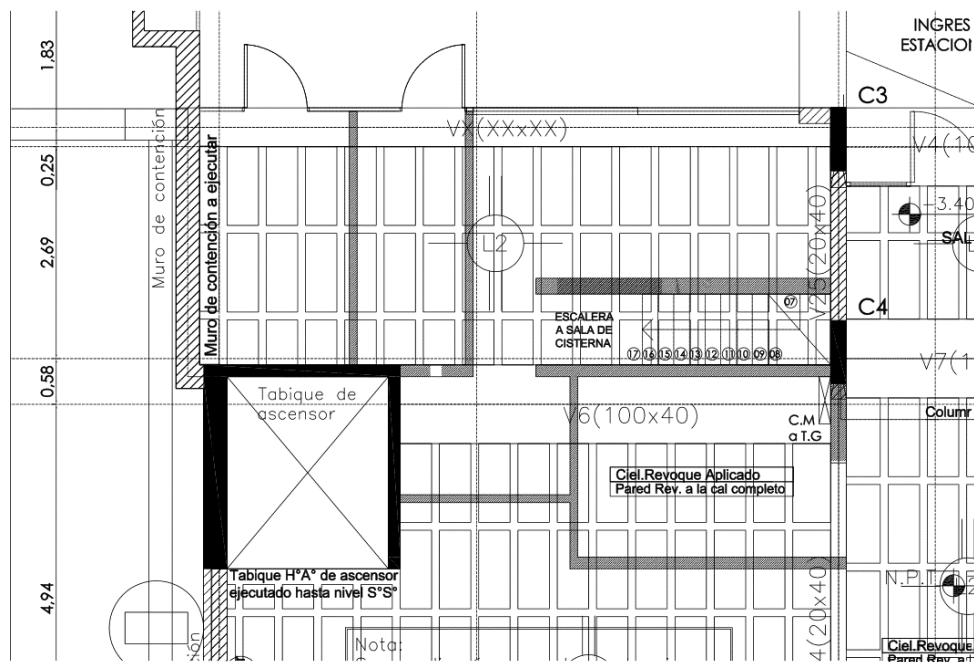


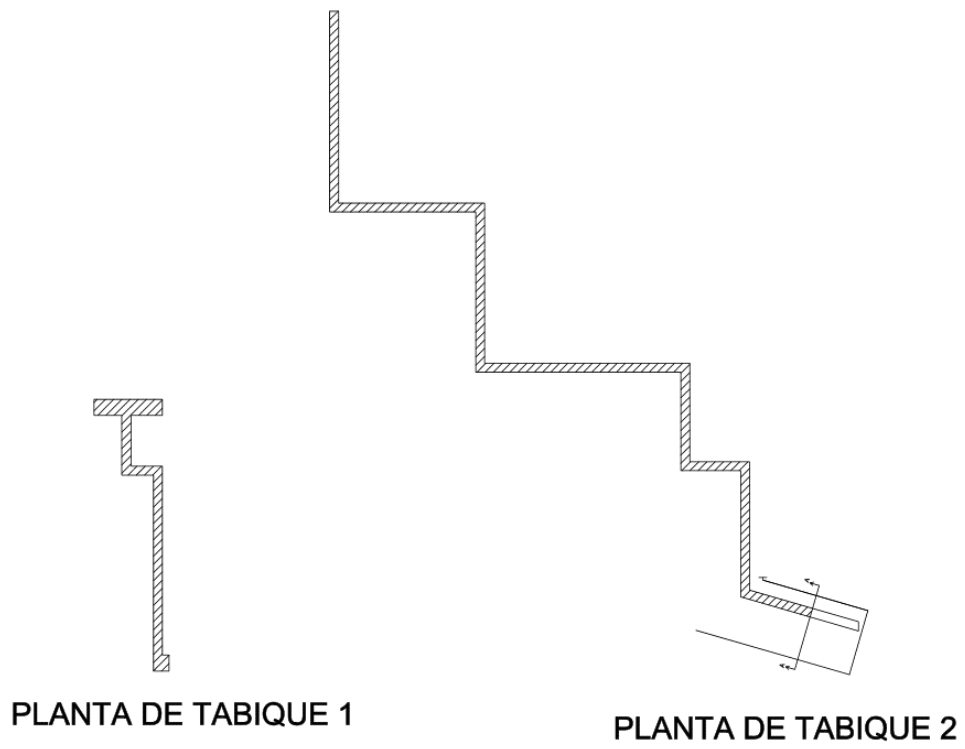
Figura 2.4.6-Tabique del vano del ascensor

## 2.4.2 Muro de contención de suelo

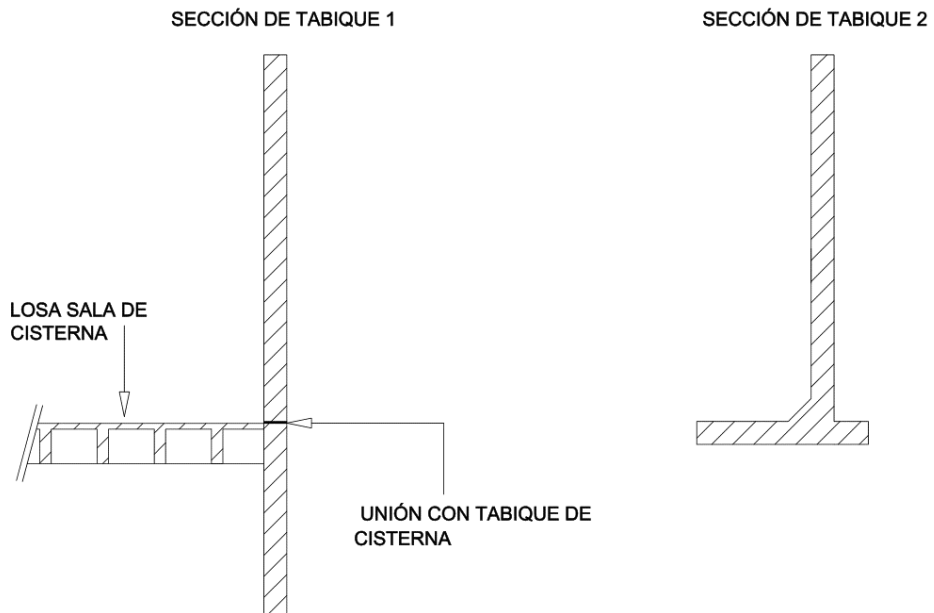
Tal como se describió anteriormente, y debido a la ubicación altimétrica de la FCQ, se debió proyectar un muro de contención de suelo en coincidencia con el perímetro del edificio en análisis, con una altura igual a la del subsuelo. Esto se puede apreciar en el Plano 5 de la Planta Estructural del 1er SS y en el Plano 9 de la Planta de Arquitectura del 1er SS (Anexo).

Tomando como referencia el tabique del ascensor, se tiene que el mismo divide el muro de contención en dos sectores designados con "1" y "2" (Fig. 2.4.7). Luego, cada sector del muro posee una configuración seccional propia, según se aprecia en la Figura 2.4.8.

Estas configuraciones responden a la forma más simple de lograr la estabilidad del muro en función de su ubicación. Es por esto que en el sector 1 se decide aprovechar uno de los tabiques de la sala de la cisterna, continuando su desarrollo en altura. Por otro lado, al no existir esta posibilidad en el sector 2 del muro, el mismo se debió proyectar sustentado con una zapata aislada en su base. A la vez, el muro del sector 2 se encuentra vinculado a una serie de pilotes, asegurando de este modo su estabilidad.



*Figura 2.4.7-Planta de tabiques de contención*



*Figura 2.4.8-Secciones de los tabiques de contención*

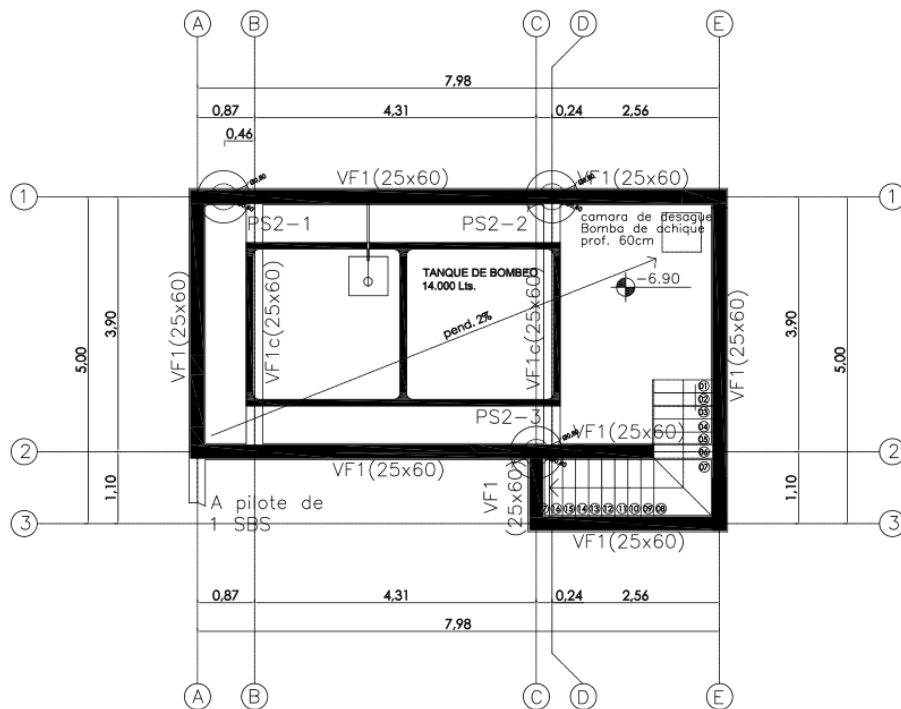
### 2.4.3 Sala de cisterna

En la presente obra se prevé la ejecución de una cisterna que posee una capacidad de 14.000 litros. La misma se ubica dentro de un recinto de H°A° bajo Nivel de Terreno (2do SS).

#### 2.4.3.1 Recinto

La sala o recinto que alberga el tanque de almacenamiento se compone de tabiques de H°A° con un espesor de 0,20m (Fig. 2.4.9). En su cerramiento superior se emplea una losa nervurada de 0,35m de altura, con dimensiones en planta de 8,00m por 5,00m. Los nervios de la misma poseen una sección de 10x30cm, vinculándose así a una capa de compresión de 5cm. La configuración de los nervios en planta es igual a la utilizada en la losa de la edificación, y como en ésta, se prevé el empleo de molones perdidos de poliestireno expandido en su confección.

Por otro lado, el piso del recinto se compone simplemente de un contrapiso armado con una malla electro soldada de 4,2mm que se vincula a las vigas de fundación.



PLANTA DE VIGAS DE FUNDACION DE 2º SUBSUELO

Figura 2.4.9-Planta Estructural del 2do SS

### 2.4.3.2 Cisterna

En la resolución de la cisterna de almacenamiento se emplea un recinto estanco de H°A° compuesto por tabiques que poseen un espesor de 0,10m. El tanque se cierra superiormente, según proyecto, con una losa maciza que posteriormente es cambiada por una de viguetas por cuestiones constructivas, sin solicitaciones hidráulicas.

El tanque de almacenamiento apoya sobre las vigas de fundación a través de seis columnas de H°A° que se vinculan a los tabiques de las paredes del tanque, de modo que la losa de fondo del tanque posee una altura de 0,70m respecto al nivel de piso terminado. La Figura 2.4.10 contiene un corte del tanque y del recinto en donde se ubica.

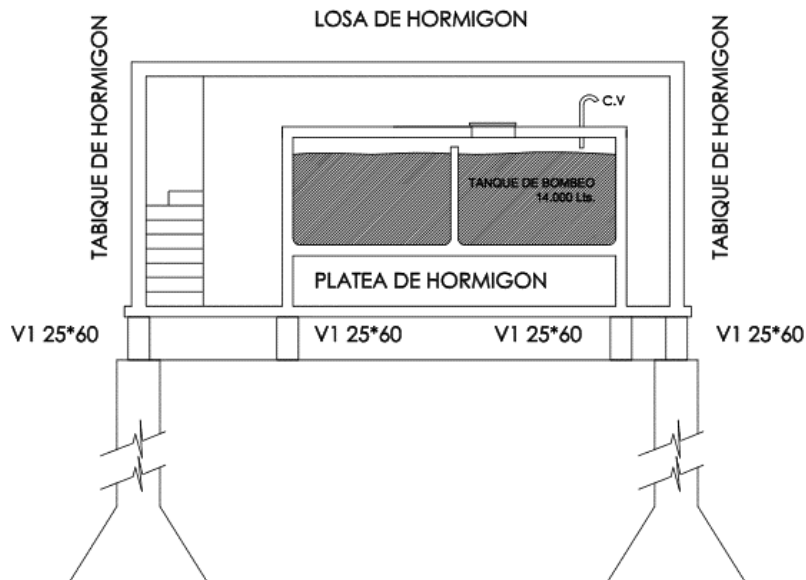


Figura 2.4.10-Corte Planta Estructural del 2do SS

## 2.5 ESTRUCTURAS METÁLICAS

En la presente obra se deben ejecutar dos escaleras metálicas de emergencia (Escaleras Nuevas), una ubicada sobre el Patio Central con una altura de 18,50m y la otra sobre la Avenida Haya de la Torre con una altura de 10,00m. Además, se debe agregar un tramo a la escalera metálica ya existente que vincula la FCQ con la edificación en cuestión, de modo que pase a tener una altura de 12,85m.

El material empleado en ambas es un acero tipo F-24 y las uniones se realizan mediante soldadura a través de dos tipos de electrodos.



En las uniones de los perfiles pesados de la estructura principal se utiliza un electrodo AWS A5.1 E7015, para lograr una soldadura con una resistencia a tracción de 520 Mpa en aceros no aleados de hasta 0,45 % de C y de aceros al C-Mn.

En el resto de los elementos se utiliza un electrodo AWS A5.1 E6013, adecuado para elementos livianos de acero, carrocería, chapa fina y filete.

Las ubicaciones de ambas escaleras se pueden consultar en el Plano 8 de Planimetría General, mientras que sus Plantas Estructurales se encuentran en el Plano 7, ambos adjuntos en el Anexo.

### 2.5.1 Escaleras nuevas

La estructura principal (columnas y vigas) de las dos nuevas escaleras se resuelve empleando perfiles laminados del tipo UPN. Las características de los elementos que conforman ambas escaleras se resumen en la Tabla 2.5.1.

*Tabla 2.5.1- Elementos constituyentes*

Perfilería de las escaleras	
UPN	160
	180
PNL	1 1/2 x 3/16
	1 x 3/8
Caño Rectangular	100 x 40 x 2
	40 x 40 x 2
	40 x 20 x 2
	30 x 30 x 2
Metal Desplegado	270x22x30

En la confección de las superficies de tránsito (descansos, huellas y contrahuellas) se emplea un metal desplegado del tipo 270x22x30. De este modo, los descansos y pasos horizontales se forman colocando el metal desplegado sobre un emparrillado de perfiles tubulares rectangulares vinculados entre sí y a los perfiles UPN de los laterales, como se aprecia en la Figura 2.5.1

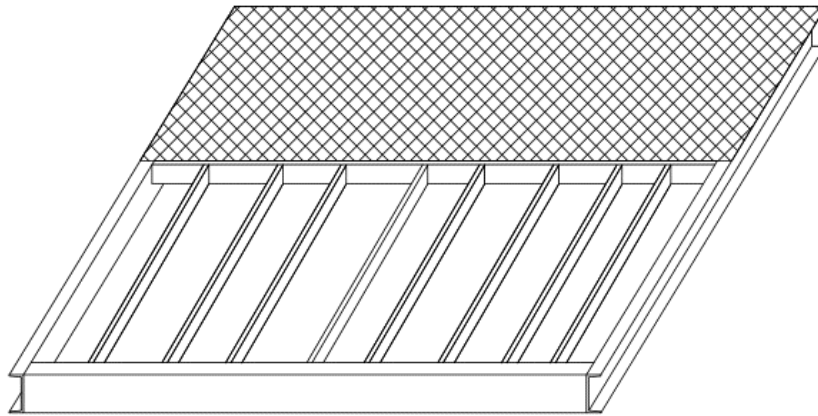


Figura 2.5.1-Esquema estructural del descanso

Por otro lado, en los escalones se utilizan piezas constituidas a partir del pliegue del mismo metal desplegado (2 huellas y 2 contrahuellas por pieza). Luego, estos tramos se disponen de forma tal que los extremos laterales de sus huellas apoyen sobre perfiles PNL ya vinculados a los laterales de las vigas inclinadas de tramo (Figuras 2.5.2 y 2.5.3)

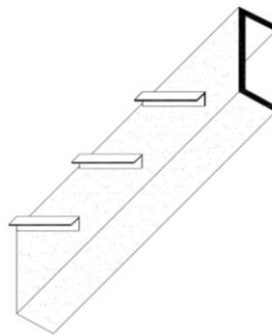


Figura 2.5.2-Perfiles PNL sobre viga inclinada de tramo

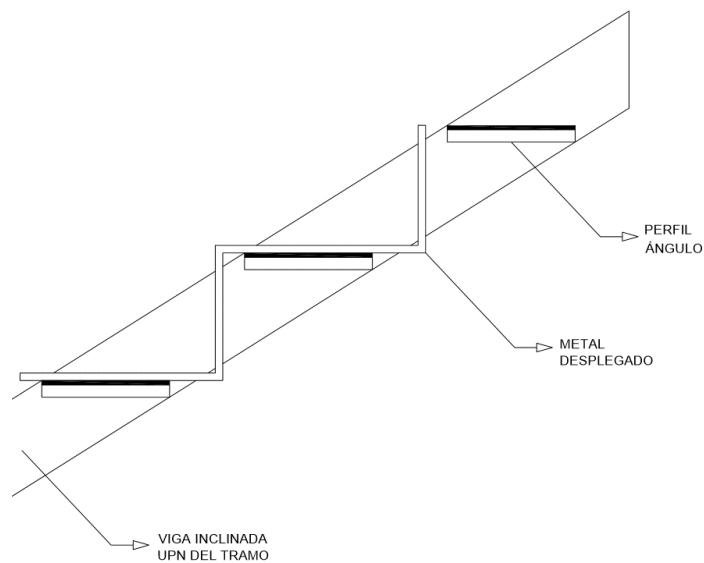


Figura 2.5.3-Apoyo del metal desplegado

La vinculación de la estructura con la fundación se realiza a través de un inserto metálico anclado en los cabezales de H<sup>0</sup>A<sup>0</sup> de los pilotes, sobre la cual se suelda la base de la columna. Ambas escaleras son recubiertas en su exterior y en toda la altura con perfiles tubulares de sección rectangular de 30x30, soldados a la estructura principal con el fin de servir de contención ante emergencia, otorgándole a la vez un carácter estético a las mismas. En la Figura 2.5.4 se aprecia la planta y un corte de ambas escaleras.

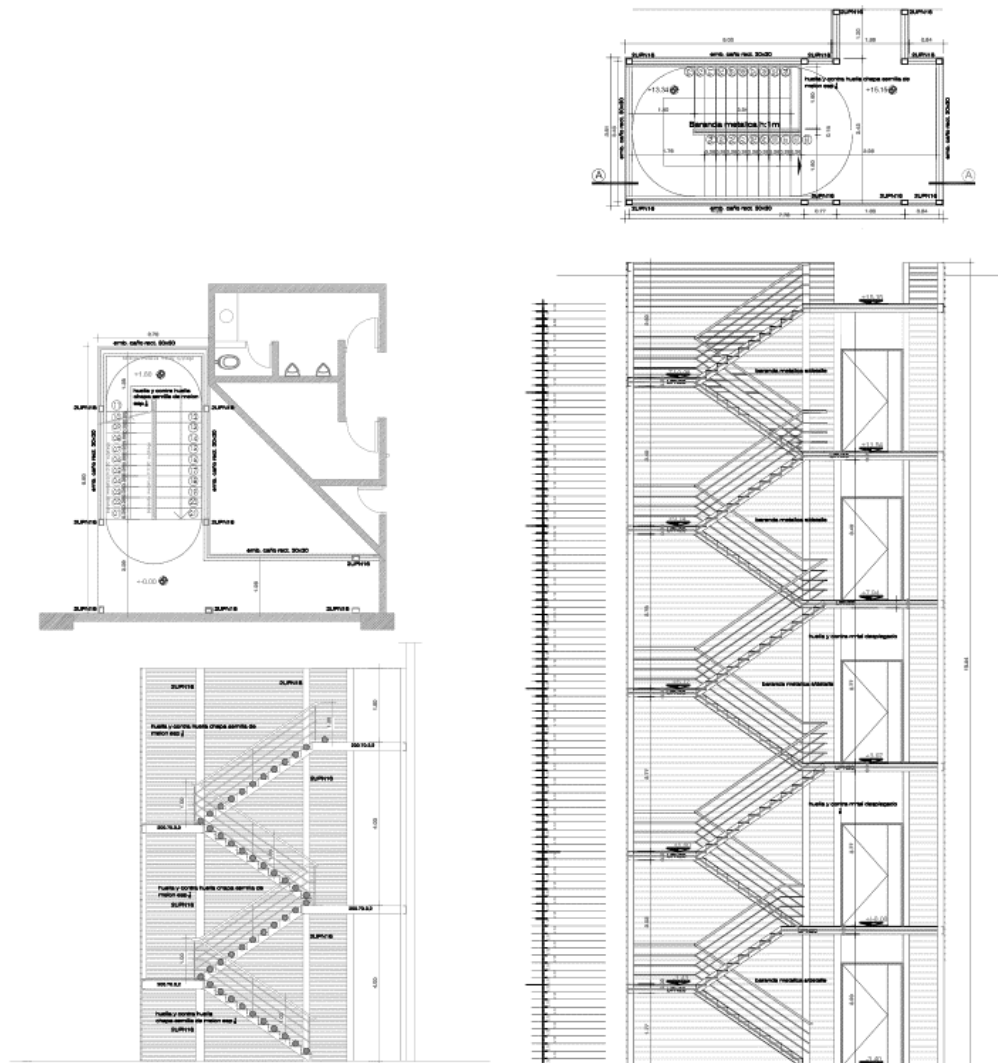


Figura 2.5.4-Planta y corte de escaleras nuevas

## 2.5.2 Escalera con tramo agregado

La vinculación entre el edificio en cuestión y la FCQ se realiza a través de una escalera metálica ya existente a la cual debe agregársele un tramo. De esta manera la escalera que originalmente vinculaba los 3 niveles de la FCQ con una altura de 8,00m,

pasa a tener 12,85m, comunicando así desde la Planta Baja hasta el Tercer Nivel del nuevo edificio.

En el tramo nuevo se utilizan los mismos tipos de perfiles que conforman la estructura original, correspondiéndose de este modo con perfiles laminados del tipo UPN de acero F-24, en donde las características de los distintos elementos que conforman las escaleras son los mismos que los mencionados en la Tabla 2.5.1. En este caso, los descansos y huellas se realizan empleando una chapa de espesor 1/8" del tipo semilla de melón, la cual no se pliega, y se dispone en planchas sobre emparrillados de perfiles tubulares de sección rectangular que se encuentran soldados a la estructura resistente principal (Fig. 2.5.5).

En el corte de la Figura 2.2.4 se aprecia el cambio de función que se da en la escalera ya existente, la cual deja de ser un medio de escape de la FCQ, para pasar a ser un medio de vinculación entre esta institución y el INFIC-CIQUBIC. Por este motivo se ejecuta la escalera de emergencia sobre la Av. Haya de la Torre.

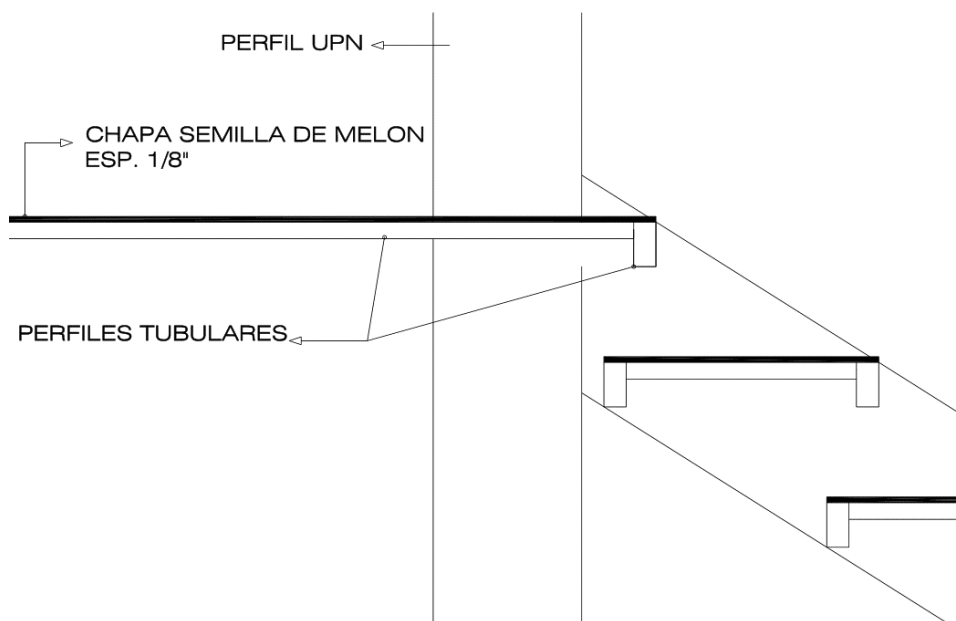


Figura 2.5.5-Detalle descansos y huellas en escalera existente

### **3 ESTUDIO DEL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

---

El Pliego de Especificaciones Técnicas (PET) es un documento que junto con el Pliego de Condiciones Particulares integra el Pliego de Condiciones. El Pliego de Condiciones es un documento contractual, de carácter exhaustivo y obligatorio, y en el cual se fijan condiciones o cláusulas que se aceptan al celebrar el contrato de obra, y por lo tanto las características anteriores se aplican a cada una de los componentes del documento.

El PET es el documento que define cómo deben abordarse las actividades y cuestiones técnicas de una obra, exigiendo así el cumplimiento de legislaciones, normativas, procedimientos, etc., detallándose de manera general o particular, según lo requiera cada actividad.

El PET correspondiente a la obra de análisis se compone de las siguientes partes:

- Alcance de las Obras.
- Requisitos de las Obras. Especificaciones.
- Planos (Listado).

La primera parte del documento realiza una descripción general del proyecto, en donde se presenta el mismo a través de sus elementos y puntos principales. La segunda parte contiene los diferentes rubros que hacen al proyecto y el último contiene los diferentes planos que componen el proyecto.

Lo que puede ocurrir en las licitaciones públicas es que el PET se confeccione tomando como base pliegos de obras similares o inclusive de la misma obra que haya sido abandonada en una licitación anterior, de manera de lograr un ahorro en el tiempo de su edición. Como puede deducirse, este modo de trabajo si no se lleva a cabo con una debida y estricta revisión, puede dar lugar a un documento que no represente adecuadamente la realidad en la cual se encuentra inmersa la obra, ya sea por omisión de disposiciones o la existencia de algunas totalmente innecesarias e irrelevantes, técnicas o materiales cuya aplicación no sea lo más conveniente, etc., lo que puede dar lugar a inconvenientes durante la preparación de la licitación (circulares y notas aclaratorias), durante la ejecución de la obra y luego de finalizada. De este modo, en el presente Capítulo se pretende realizar un análisis sintético del PET, contemplando las

cuestiones mencionadas y trabajando exclusivamente sobre los rubros asignados al estudiante.

### **3.1 RUBRO 3: DEMOLICIONES**

No se encontró en el PET ninguna incoherencia respecto de los procedimientos referidos a las demoliciones. En este sentido, se incluyen dentro del PET las normas y leyes que regulan la actividad.

Se hace mención de aquellos procedimientos de relevancia tales como la manipulación y disposición de los materiales, elementos de protección contra terceros, dispositivos de seguridad para construcciones colindantes, cláusulas sobre derechos y obligaciones, etc.

### **3.2 RUBRO 4: MOVIMIENTO DE SUELOS**

El presente rubro se encuentra convenientemente explicado y detallado, con la salvedad de una inconsistencia en el apartado referido a las nivelaciones.

#### **3.2.1 Nivelaciones**

En el mismo se menciona que las nivelaciones de las veredas y solados exteriores deben realizarse mediante suelo compactado con rodillo pata de cabra, de modo tal que el mismo logre una densidad mayor o igual al 100% de la máxima densidad obtenida en el ensayo Proctor Estándar (Norma IRAM 10511). Según lo expuesto, el pliego no debe mencionar mediante que herramienta, dispositivo, o maquinaria, deba alcanzarse la densidad máxima, ya que lo que realmente importa es que la contratista logre la densidad requerida por los medios que disponga. Por otro lado, si se contemplase la situación de emplear un rodillo pata de cabra en esta obra, sería evidente su poca practicidad e inclusive su imposibilidad de aplicación en algunos sectores, por lo que evidentemente esta disposición no ha sido revisada adecuadamente al momento de confeccionar el PET.

### **3.3 RUBRO 5: ESTRUCTURA DE HORMIGÓN**

Todos los trabajos y procedimientos a considerar cuando interviene hormigón son detallados de forma satisfactoria, referenciándose a la vez las normativas, reglamentos y legislaciones que se deben cumplir. Sin embargo, a continuación se detallan algunas contradicciones que se presentan en el mismo.

### **3.3.1 Generalidades (Reglamento CIRSOC)**

En este apartado del pliego se definen las condiciones que deben cumplir las estructuras de H°A° en cuanto al cálculo, características de los materiales, elaboración del hormigón y su colocación en obra, así como todas las tareas que tengan relación con la estructura y su aspecto constructivo.

En diversas ocasiones se citan, en el pliego, artículos del Reglamento CIRSOC-201 (regula las estructuras de hormigón emplazadas en el territorio Argentino) que deben ser cumplidos. Es aquí donde se evidencia la irregularidad, ya que los artículos mencionados en el pliego corresponden a la versión de 1982, que no está vigente, ya que es la versión 2005 la que se encuentra en vigencia legal desde el año 2013.

Este tipo de incoherencias podrían dar lugar a una serie de confusiones, incompatibilidades técnicas, conflictos legales, etc. De este modo, esta sección del PET referida a las estructuras de H°A° debe ser revisada y corregida en los futuros pliegos de obras públicas que sean emitidos por el CONICET.

### **3.4 RUBRO 17: ESCALERAS**

En el mismo se especifica que las escaleras se deben ejecutar de acuerdo a las especificaciones y detalles consignados en los planos respectivos. Posteriormente se da una incoherencia, ya que en el PET se menciona que la estructura de ambas escaleras debe ejecutarse empleando un perfil UPN200. Esto se contradice con los propios planos del pliego, en los que se emplean distintas dimensiones de perfiles UPN. A pesar que en estos casos lo que vale por sobre el pliego son los planos, el comitente pretende asegurar los lineamientos básicos del diseño de una manera genérica y conservadora.

Salvo por esta pequeña incoherencia, el rubro como el plano se encuentra convenientemente tratado.

## **4 PROCESO CONSTRUCTIVO**

---

El presente capítulo aborda los procesos constructivos llevados cabo en la ejecución de los rubros asignados al estudiante. De este modo, se describen y analizan cuestiones técnicas, constructivas, contratiempos surgidos durante la ejecución de los trabajos y decisiones tomadas para su solución, entre otras.

### **4.1 FUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE SUELOS**

Este rubro al igual que la gran mayoría de los otros, se subcontrató a una empresa especialista en el tema, la misma que tuvo a cargo la ejecución de las estructuras de H°A°.

#### **4.1.1 Fundación Escaleras Metálicas**

Lo pozos de los pilotes correspondientes a las escaleras metálicas se ejecutaron mediante una máquina pilotera, y el replanteo de los mismos ya se había realizado con anterioridad, no formando parte de esta obra.

El procedimiento para la ejecución de un pozo comienza con la búsqueda del mojón de replanteo del centro del pilote y el posicionamiento de la máquina cerca del mismo. Cabe la aclaración, que es de suma importancia verificar previamente que la máquina tenga acceso al lugar donde deben ejecutarse los pozos y que además cuente con el espacio suficiente para poder realizar sus movimientos mínimos de operación, ya que de lo contrario se imposibilitaría la ejecución mediante esta técnica. Posicionada la máquina, esta extiende un mecanismo que verticaliza y centra un eje sobre el pozo, como se aprecia en la Figura 4.1.1. Sobre dicho eje se adosa, en el extremo inferior, un tornillo sin fin que perfora y retira el material sobrante del pozo, correspondiéndose el diámetro del tornillo con el diámetro del pozo. Al alcanzar la cota de fundación se intercambia la herramienta de perforación por una que realiza el acampanado del pilote (Fig. 4.1.1). La misma cuenta con unas aspas que se despliegan con la fuerza centrífuga que se produce al girar la herramienta sobre su eje, dando así forma a la campana del pilote. Luego se coloca nuevamente el tornillo sin fin y se retira el material sobrante producto de la ejecución de la campana, finalizando de este modo la ejecución de un pozo. En relación con las propiedades mecánicas del tipo de suelo excavado y la ausencia del nivel freático hasta la profundidad de -10,00m, en esta obra no se hizo necesario la utilización de lodos bentoníticos para la estabilización de las paredes del pozo.





*Figura 4.1.1-Ejecución del pozo para un pilote*

Realizado el pozo, la siguiente tarea consiste en colocar la armadura del mismo, la cual posee una disposición circular de las barras longitudinales con un estriado de paso helicoidal y constante, haciendo que esta configuración presente un armado fácil y rápido. Sobre los estribos se disponen, de manera alternada, ruedas dentadas, cuya finalidad es separar la armadura de las paredes del pozo y obtener de esta manera el recubrimiento mínimo. Otra característica que brinda es la de facilitar el deslizamiento de la armadura dentro del pozo, evitando el roce de la misma con las paredes, manteniendo de esta forma la integridad del pozo y evitando la caída de suelo suelto dentro del mismo(ver Figura 4.1.2). Por último, se procede al hormigonado del pozo hasta el nivel de fondo de las vigas de fundación.



Figura 4.1.2-Colocación armadura del pilote

Llenados los pozos con hormigón (pilotes), se procede a la ejecución de las vigas de fundación con la ayuda de un cerco de replanto (Fig. 4.1.4). En ambas fundaciones se toman como ejes principales de replanteo las edificaciones existentes, tal y como se aprecia en la Figura 4.1.3.

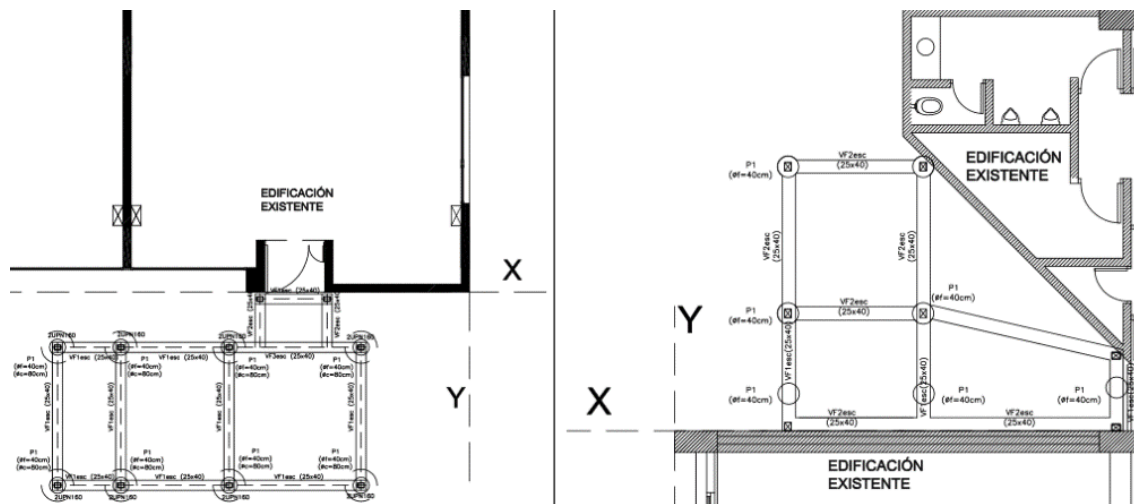


Figura 4.1.3- Ejes principales de replanteo en ambas escaleras



*Figura 4.1.4- Cerco de replanteo*

Excavado el suelo y retirado el material sobrante, se procede a colocar las armaduras de las vigas de fundación, confeccionadas en tramos individuales de modo que el conjunto de armaduras solo debe introducirse dentro de las excavaciones como una sola pieza. Luego se procede a la colocación de los insertos metálicos, con un correcto replanteo, tanto en planta como altimétricamente, ya que la estructura metálica de las escaleras admite un error bajo en su montaje (en el orden de los mm). Al finalizarse la tarea, solo se debe proceder al llenado del conjunto con un hormigón de iguales características que el utilizado en los pilotes (H-17).

El procedimiento para realizar las fundaciones de ambas escaleras es el mismo. Cabe agregar, que ocurrió una modificación en la fundación de la escalera que se ubica sobre la Av. Haya de la Torre. Esta modificación consistió en colocar cabezales para transferir la carga de las columnas a los pilotes de una manera efectiva y segura, ya que los ejes de ambos elementos no se encontraban en coincidencia. Esta discrepancia fue causada por dos factores. En primer lugar se debió desplazar la ubicación de uno de los pilotes, ya que el mismo interceptaba un caño de abastecimiento de gas de la FCQ (Fig. 4.1.5). En segundo lugar, los pozos colindantes a los muros de la FCQ (Fig. 4.1.6) no podían ser ejecutados tangentes a la medianera por cuestiones propias de operación de la máquina, con lo que debieron ser desplazados aproximadamente 0,50m del muro.



*Figura 4.1.5-Caño de abastecimiento de gas FCQ*



*Figura 4.1.6-Pozos colindantes FCQ*

#### **4.1.2 Excavación Sala de Cisterna**

La cisterna se encuentra alojada dentro de un recinto ubicado bajo el nivel de terreno natural, de manera que la primer tarea en su proceso de ejecución consistió en realizar una excavación mediante una retroexcavadora (Fig. 4.1.7). De este modo la máquina retiraba progresivamente el suelo del lugar y lo depositaba sobre sus costados, para luego ser trasladado a un contenedor que era renovado continuamente.



*Figura 4.1.5-Movimiento de suelo para sala de cisterna*

El límite de trabajo de la retroexcavadora permitió excavar de manera casi completa el foso a donde se aloja la cisterna, para luego realizar el perfilado de las

paredes y nivelación del piso con la ayuda de herramientas manuales, metodología que se puede apreciar en la Figura 4.1.8. El fundamento de esta forma de trabajo se basó en utilizar las paredes verticales de suelo como parte del encofrado, pretendiéndose así, lograr un ahorro en movimientos adicionales de suelo que se requeriría en la ejecución de un encofrado convencional, junto con el posterior relleno y compactación de los espacios libres. Además, mediante esta metodología se lograría una menor área de intervención sobre el terreno.



*Figura 4.1.6-Perfilamiento manual del recinto*

Durante las tareas de perfilado manual se realizó en paralelo la búsqueda de los pilotes de fundación del recinto, ejecutados en la primera etapa de la obra. Luego de localizados, se evidenció una discrepancia en cuanto al número y disposición de los mismos, ya que existían 7 en vez de los 3 de proyecto, y además con una configuración diferente a la expresada según planos. En la Figura 4.1.9 se aprecia esta discrepancia, de modo que la planta de la izquierda contiene la configuración según planos, mientras que la de la derecha la configuración hallada. Este contratiempo implicó una nueva verificación de la estructura de la sala de cisterna, sin impacto sobre los plazos de obra ya que no se debieron realizar modificaciones.

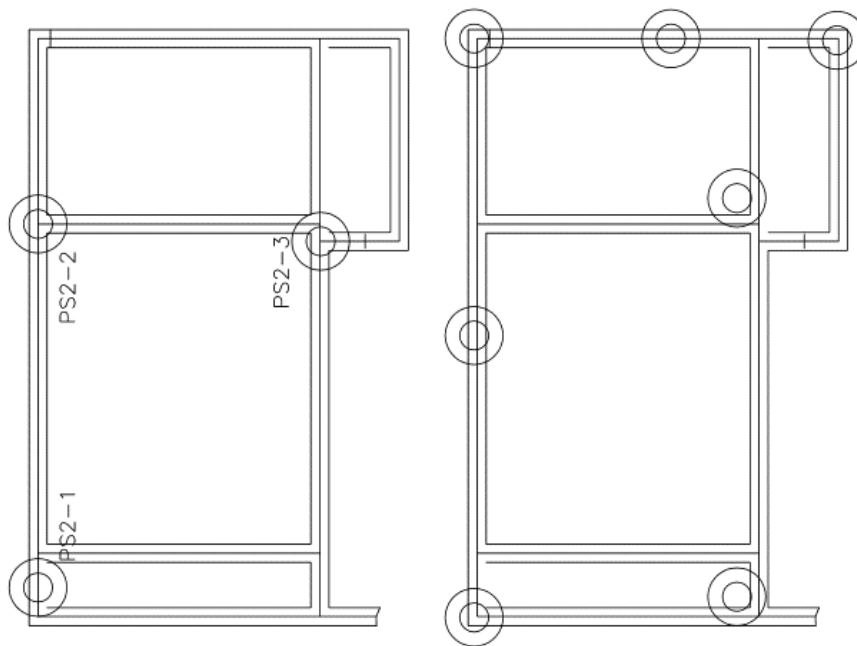


Figura 4.1.7-Configuración esperada (izq.) y existente (der.) de los pilotes

La metodología empleada en la ejecución de la sala de cisterna presentó un inconveniente desde el punto de vista constructivo, ya que al emplearse los taludes verticales de suelo como encofrado, se corrió el riesgo que se produjesen desmoronamientos en las etapas de colocación de las armaduras o ejecución del encofrado del tabique. Los parámetros mecánicos del loess permitieron emplear la metodología de trabajo mencionada, realizando la excavación a talud vertical. Esta situación es factible mientras las condiciones de humedad del suelo permanezcan inalteradas. Un aumento en el contenido de humedad puede ocasionar inestabilidad de los taludes por un cambio en el estado de tensiones del suelo. En la Figura 4.1.10 se aprecian los cortes verticales y la contención de seguridad. Otra particularidad que cabe aclarar en materia de seguridad, es que todas las personas que realizaban trabajos bajo el nivel de terreno debían portar un arnés que se vinculara a una soga amarrada al exterior del pozo, de manera tal que ante un accidente pudieran ser fácilmente localizados y auxiliados.

Las paredes del recinto se replantearon con la ayuda de un cerco de replanteo ubicado sobre el NT, en donde los hilos tensados que definían los bordes de las caras del recinto se replanteaban tomado como referencia la estructura ya ejecutada en la primera etapa de obra (el edificio principal y el tabique del ascensor). Luego, para trasladar dichas referencias al interior del pozo se utilizaba una plomada que se suspendía de estas líneas auxiliares.



*Figura 4.1.8-Proceso de confección del recinto*

### **4.1.3 Fundación Sala de Cisterna**

La misma se realizó a través de los 7 pilotes existentes, pero debido a que el extremo superior de estos poseían un nivel de 0,50m por encima de lo que se requería, se debió proceder a demoler los extremos sobrantes mediante un martillo percutor, hasta lograr el nivel necesario, como se puede apreciar en la Figura 4.1.10.

Luego se procedieron a excavar las vigas de arriostramiento. El procedimiento de replanteo, excavación, disposición de armaduras y hormigonado es exactamente igual al descrito en la sección 4.1.1., con la diferencia que en este caso al realizarse las tareas bajo nivel de terreno (NT), las referencias para replantear los distintos elementos pasaron a ser las paredes perimetrales del pozo.

En la Figura 4.1.11 se aprecia como quedaron confeccionadas las vigas de arriostramiento, los cabezales de los nudos, las armaduras en espera de las columnas del tanque y del tabique del recinto, antes de que se procediera con la tarea de hormigonado.



*Figura 4.1.9-Armaduras en espera dentro del recinto*

#### **4.1.4 Movimiento de suelo para ejecutar Muro de Contención**

Este movimiento de suelo corresponde al de una zona en que la estructura del segundo módulo de la edificación entra en conflicto con el NT, detallado en la sección 4.3.3.

Las tareas se realizaron empleando una mini cargadora de forma sistemática (Fig. 4.1.12-13), de modo que se iba dejando una pared de suelo a talud vertical que luego diera lugar a la ejecución del muro de contención. A su vez, la terminación del corte sobre la pared de suelo se realizó de forma manual al igual que en la cisterna.





*Figura 4.1.10-Movimiento de suelo*



*Figura 4.1.11-Corte vertical sobre el suelo*

## **4.2 ESTRUCTURAS METÁLICAS**

A continuación se aborda el proceso de ejecución de las estructuras descritas en la sección 2.5. En una primera etapa se analizan generalidades, para luego dar lugar a la descripción del proceso constructivo de cada escalera.

### **4.2.1 Generalidades**

De la misma manera en que se procedió con la gran mayoría de los rubros, la empresa subcontrató la ejecución de las estructuras metálicas a una empresa especialista, delegando de esta manera la compra de materiales, la fabricación de elementos, el montaje de estructura, la contratación de mano de obra, la logística de operación, etc.

Las piezas de las escaleras se confeccionaron en la planta de la subcontratista, para luego ser trasladadas a obra y acopiarlas al pie del lugar donde debía ejecutarse cada una. Las piezas se dispusieron sobre tirantes de madera para separarlas así del suelo del lugar, sin la necesidad de ser cubiertas de la intemperie debido a que contaban con una capa de pintura anticorrosiva (Fig. 4.2.1 y 4.2.2).



*Figura 4.2.1-Acopia de piezas metálicas*



*Figura 4.2.2-Acopia de piezas metálicas*

#### **4.2.2 Escalera sobre Av. Haya de la Torre**

En primer lugar se monta un andamio como se aprecia en la Figura 4.2.3, y sobre éste se dispone un polipasto de accionamiento manual que permite el izado de los perfiles, con un peso elevado para ser manipulados sin ayuda de algún mecanismo reductor de fuerza. Para conectar la cadena del polipasto al perfil, se soldó a este último un elemento auxiliar que permitió la conexión entre ambos elementos través de un gancho, tarea que se realizó doblando una barra de acero ADN-420S (soldable) de diámetro 12mm de forma conveniente y soldándola sobre el perfil a elevar.



*Figura 4.2.3-Andamio de montaje*



*Figura 4.2.4-Izado de un perfil*

El montaje de la escalera comienza con la colocación de los perfiles UPN que componen su estructura principal (Fig. 4.2.4), disponiendo en primer lugar las columnas.

El proceso de montaje de todo elemento de la escalera se desarrolló básicamente en cuatro etapas, colocación, ajuste, arrojamiento y ejecución de las

uniones. Para demostrar estos pasos, a continuación se describe el procedimiento correspondiente al montaje de una columna.

Al inicio, se coloca la columna según la configuración indicada en planos en forma aproximada, para luego realizar un ajuste que calibra la orientación de su sección, tarea que se logra en estos casos con sucesivos golpes de una masa. Luego de esta orientación, se procede a verticalizarla según los ejes principales de su sección. Cuando la columna adquiere su posición definitiva se le colocan puntos auxiliares de soldadura en su base e inmediatamente se la arriostra en altura a través de vinculaciones con tubos de acero (Fig. 4.2.5) soldados a distintos puntos de la estructura principal y del andamio. Asegurada la rigidez por el paso anterior, se comienza a ejecutar la unión soldada de la base de apoyo (Fig. 4.2.6). Los arrostramientos se mantienen hasta que la estructura adquiera la estabilidad y rigidez de diseño, no obstante, la estructura tiene previsto arrostramientos propios que se deben ejecutar antes de avanzar con el montaje en altura (Fig. 2.2.7).



*Figura 4.2.5- Arriostramientos auxiliares*



*Figura 4.2.6- Unión soldada*

El resto de los elementos estructurales se montan siguiendo el mismo procedimiento (colocación, ajuste o calibración, arriostramientos auxiliares y ejecución de uniones), destacando que aquellos que toman una posición horizontal se deben nivelar (Fig. 4.2.8). Además, según lo requiera el caso, hay pasos intermedios que varían en función del tipo de elemento y su ubicación.



Figura 4.2.7-Arriostamientos estructurales



Figura 4.2.8-Elementos horizontales

A medida que se avanza en altura con la estructura de la escalera se realizan en paralelo los escalones y descansos de los tramos inferiores. Estos elementos luego se disponen en los tramos inclinados que ya tienen previstos perfiles PNL soldados en uno de sus lados, de manera que sirvan de apoyo a los extremos de las huellas (Fig. 4.2.9).

Debido a la forma en que se pliega el metal desplegado para formar los escalones y al ancho de estos, no se coloca un refuerzo por debajo de todas las huellas, sino solo en aquellos lugares en la que se pierde la continuidad de la pieza (Fig. 4.2.10).



Figura 4.2.9-Apoyos de escalones en laterales de vigas de tramo

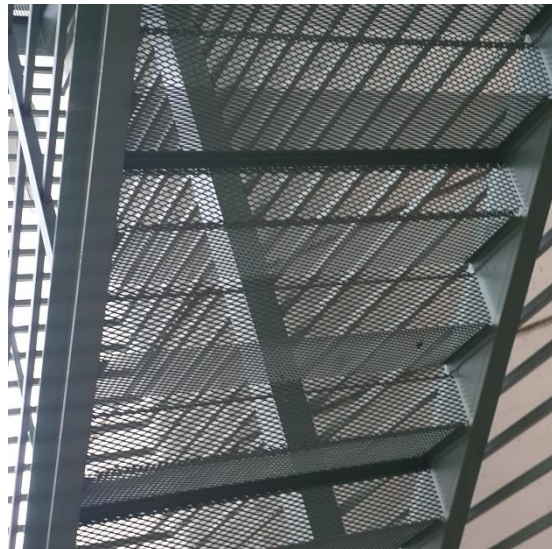
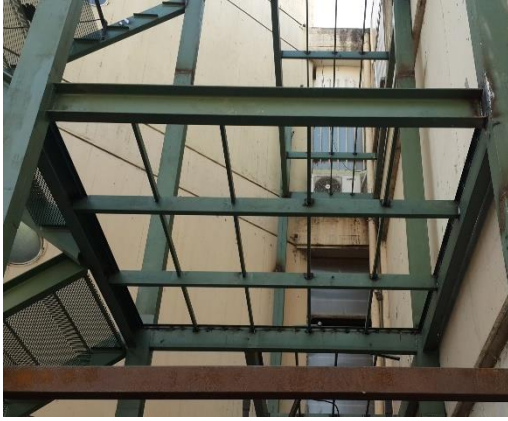


Figura 4.2.10-Refuerzos bajo huellas

Por otro lado, los descansos y pasos horizontales se ejecutan a través de un emparrillado de perfiles tubulares de sección rectangular, soldados entre sí y a los perfiles UPN que conforman el perímetro del descanso (Fig. 4.2.11). Luego, el metal

desplegado es dispuesto sobre este emparrillado (Fig. 4.2.12) y se lo fija al mismo a través de puntos de soldadura.



*Figura 4.2.11-Emparrillado en descansos*



*Figura 4.2.12-Metal desplegado en descansos y pasos horizontales*

Una vez ejecutada la estructura principal junto con los escalones y descansos, se debe colocar el pasamanos y el recubrimiento exterior de la escalera, tarea que consiste solamente en soldar dichos elementos en su posición correspondiente. Por último, se protegen con pintura anticorrosiva todas las uniones soldadas y las piezas que poseen zonas desprovistas del mismo. En la Figura 4.2.13 se muestra la escalera sobre la Av. Haya de la Torre ya finalizada.



*Figura 4.2.13-Escalera terminada sobre Av. Haya de la Torre*

### **4.2.3 Escalera sobre Patio Central**

La metodología empleada en la ejecución de esta escalera es similar a la anterior, con la diferencia de que en vez de utilizarse un polipasto de acción manual se utilizó un motor eléctrico (Fig. 4.2.14) para el izado de las piezas.

En cuanto a su configuración, esta escalera posee una separación mayor entre las vigas de los tramos inclinados, lo que implicó disponer por debajo de cada huella un refuerzo transversal compuesto por un perfil PNL (Figura 4.2.15).

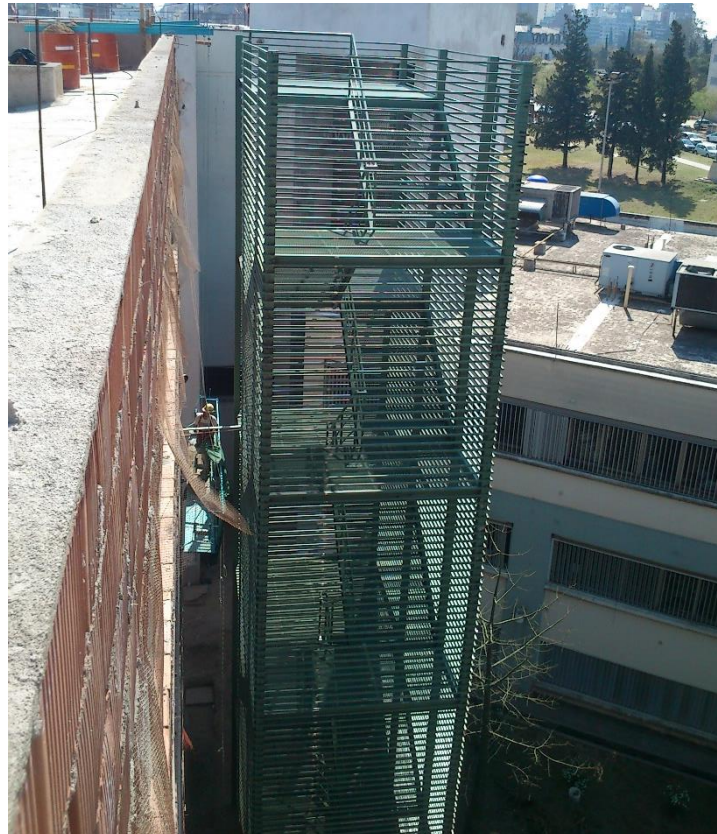


*Figura 4.2.14-Motor eléctrico para izado*



*Figura 4.2.15-Refuerzo en huellas*

Por último se comenta que a la semana del 12/9/2016, la escalera se encuentra ejecutada aproximadamente en un 91%, quedando por finalizar la estructura que conecta la misma con la edificación principal. El motivo de esto es tener el espacio necesario que permita suspender el andamio mediante el cual se ejecutarán los revoques de la edificación. En la Figura 4.2.16 se puede apreciar la situación expresada, como también el progreso de la escalera al día de la fecha mencionada.



*Figura 4.2.16-Aspecto escalera metálica sobre Patio Central*

#### **4.2.4 Comentarios**

A los fines de describir no solo el proceso constructivo, se incluye a continuación la apreciación que tuvieron usuarios anónimos al circular por la escalera ubicada en la Av. Haya de la Torre. Los mismos manifestaron sensación de inseguridad y desagrado, ya que las huellas se flexionan excesivamente con cada paso, acusando una falta de rigidez. Otro factor que puede contribuir con la sensación de inseguridad se relaciona con el metal desplegado que cubre las huellas de la escalera metálica, que al no conformar una superficie opaca puede llegar contribuir de manera negativa en la apreciación de estos.

Por último, se debe tener en cuenta el comportamiento de este metal desplegado a largo plazo, ya que al someterse a cargas cíclicas pueden presentarse deformaciones permanentes.

### **4.3 ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO**

En línea con el objeto de estudio del Capítulo 4, en la presente sección se analiza y describe el proceso de ejecución de las estructuras de H°A°.

Al igual que en las escaleras metálicas, la empresa constructora subcontrató a una empresa especialista en hormigón, la cual es la misma que tuvo a cargo de las tareas de movimiento de suelo y fundaciones.

#### **4.3.1 Generalidades**

A pesar de que hay distintos tipos de estructuras en H°A°, siempre existen consideraciones generales que se deben definir al trabajar con este tipo de material. Algunas de ellas son:

- Doblado de barras de acero para las armaduras
- Armado de los elementos estructurales
- Armado del encofrado
- Elaboración del Hormigón y transporte a obra (H. Elaborado)
- Transporte dentro de obra, colocación y densificación
- Curado y desencofrado

A continuación se realiza una breve descripción de cómo se resolvieron en la obra de estudio.

##### **4.3.1.1 Doblado de barras de acero para las armaduras**

Las estructuras de H°A° utilizan un elevado número de barras de acero con formas particulares según lo requiera cada caso, conseguidas mediante el doblado de las mismas. Para tal fin, en esta obra se optó por un doblado manual de las barras mediante el empleo de una herramienta de doblado montada sobre una tabla, conformando de este modo lo que se conoce como banco de doblado (Fig. 4.3.1).

Por otro lado, el acopio de las armaduras sin doblar como las ya trabajadas, se realizó al descubierto sin ninguna protección contra la intemperie, pero disponiéndola sobre maderas para mantenerlas separadas del suelo (Fig. 4.3.2), tal y como lo permite el pliego.





*Figura 4.3.2-Banco de Armado*



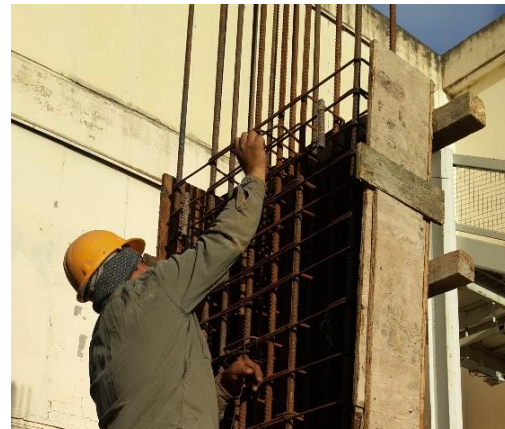
*Figura 4.3.1-Acopia de barras*

#### **4.3.1.2 Armado de los elementos estructurales**

En general las armaduras de los distintos elementos de hormigón se ejecutaron de dos maneras distintas, según la conveniencia de cada caso. Las armaduras destinadas a las fundaciones se confeccionaron como una pieza (conjunto de barras de acero atadas) para luego ser trasladada y dispuesta en el lugar definitivo, por ejemplo armaduras de pilotes (Fig. 4.3.3), cabezales y vigas riostras. Por otro lado en el resto de los elementos estructurales como columnas, vigas, losas y tabiques, el armado de los mismos se realizó in situ (Fig. 4.3.4).



*Figura 4.3.3-Armado como pizas*



*Figura 4.3.4-Armado in situ*

#### **4.3.1.3 Encofrados**

La obra en estudio empleó dos tipos de sistema de encofrados según el elemento estructural a ejecutar. De este modo, en las losas se optó por utilizar un sistema de encofrado que posee una patente y se lo comercializa con el nombre de EFCO. Por otro lado, en el resto de los elementos estructurales se utilizó un sistema de encofrado tradicional o de madera combinado con puntales extensibles de acero.

El sistema EFCO es descrito en la sección 4.3.3.2 correspondiente al proceso constructivo de la losa nervurada de Planta Baja, mientras que los sistemas tradicionales se describen en cada estructura en particular.

#### **4.3.1.4 Elaboración del Hormigón y transporte a obra (H. Elaborado)**

En la obra en estudio se decidió trabajar con hormigón elaborado y de esta manera evitar el acopio de materiales, determinar dosificación, obtención de las propiedades requeridas, tanto en estado fresco como endurecido, etc., vinculadas a la elaboración de hormigón in situ. De este modo la contratista solo debió ocuparse de especificar a la empresa proveedora el tipo de hormigón, su volumen y las propiedades del mismo en estado fresco.

En la Figura 4.3.5 se aprecia la elaboración de probetas de una partida de hormigón, en línea con lo especificado en el PET. Una vez que las probetas alcanzaron la resistencia necesaria para su desmolde, se fecharon, identificaron y sumergieron en agua para su curado (Fig. 4.3.6).

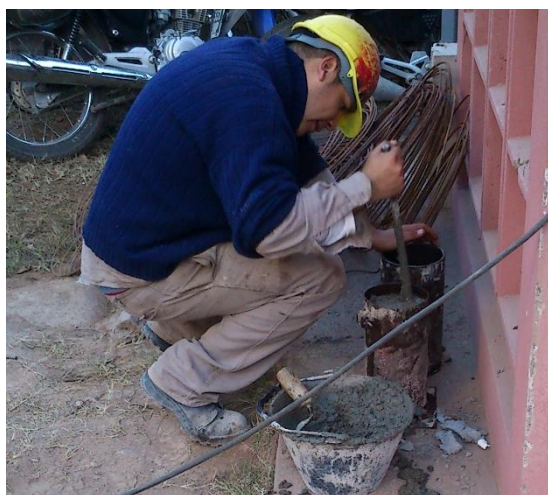


Figura 4.3.5-Elaboración de probetas de H°A°



Figura 4.3.6-Curado de probetas de H°A°

#### **4.3.1.5 Transporte dentro de obra, colocación y densificación**

En la obra de estudio el transporte del hormigón se realizó de tres maneras diferentes. La primera utilizando directamente el camión mezclador en aquellos casos que resultó posible el acceso del mismo al lugar de la estructura a hormigonar (Fig. 4.3.7), como se dio en el caso de las fundaciones y parte de la sala de cisterna. La segunda, a través de una mini cargadora (Fig.4.3.8), aprovechando así su maniobrabilidad en los espacios reducidos sobre el nivel de terreno dentro de la obra. Por último, la tercera fue utilizando un equipo de bombeo de hormigón (Figura 4.3.9),

metodología empleada solo cuando no fue posible o conveniente aplicar las dos primeras opciones, ya que el equipo debía ser alquilado con su correspondiente costo.



*Figura 4.3.7-Hormigonado mediante camión mezclador*



*Figura 4.3.8-Hormigonado mediante mini cargadora*

Durante las tareas de colado del hormigón resulta de suma importancia el empleo de un vibrador (Fig. 4.3.10), a los fines de densificarlo y facilitar su ingreso en todos los espacios, evitándose de esta manera que se produzcan oquedades visibles y ocultas.



*Figura 4.3.9-Hormigón bombeado*



*Figura 4.3.10-Vibrado durante el hormigonado de una losa*

#### **4.3.1.6 Curado y desencofrado**

Dada las condiciones climáticas durante el período de tiempo en que se llevó a cabo la práctica supervisada, no se realizó un curado sobre el hormigón, salvo en aquellos elementos con grandes superficies expuestas, como por ejemplo, losas, en las cuales se procedió a realizar un riego de las mismas al día siguiente de ser ejecutadas.

El tiempo de desencofrado de los distintos elementos siguió en cierta forma lo expuesto en la Tabla 4.3.1 perteneciente al PET. Por otro lado, en el desencofrado de algunas de las losas de piso se redujo el tiempo mínimo de desencofrado debido al empleo de un aditivo en el hormigón, lo cual es tratado en detalle posteriormente.

Tabla 4.3.1-Tiempos recomendados para desencofrar según el PET

Elemento	Plazo de desencofrado
Costados de vigas y columnas	4 días
Fondo de losas	20 días
Fondo de vigas	20 días
Puntales de seguridad en losas y vigas	28 días

### 4.3.2 Estructura de Cisterna

La presente sección trata sobre la construcción de la sala de cisterna y el tanque de almacenamiento de 14.000 litros ubicado en el 2do SS.

#### 4.3.2.1 Paredes del Recinto

Las primeras medidas comienzan con la confección de las armaduras del tabique de la sala del recinto, partiendo de las armaduras en espera sobre las vigas de fundación (Fig. 4.1.11).



Figura 4.3.11-Proceso de armado del tabique del recinto

Una vez realizada la armadura del tabique, se comienza con la ejecución del encofrado, comenzando así con la colocación del conjunto de tablas y tirantes que definen una de las caras del mismo. Como en este caso una de las caras del tabique se define a través del talud de suelo, no es posible realizar las habituales ataduras de

hierro que mantienen en su posición las dos caras del encofrado (en este caso solo una), por lo que la forma de fijar este único conjunto en su posición correspondiente se logra combinando adecuadamente puntales extensibles de acero y tensores de alambre. Obviamente, la cara del encofrado es verticalizada antes de realizar el ajuste de los tensores y los puntales. La Figura 4.3.12, presenta un esquema del encofrado, junto con el nombre de los diferentes elementos que lo componen. Por otro lado, en la Figura 4.3.13 se aprecia el encofrado terminado.

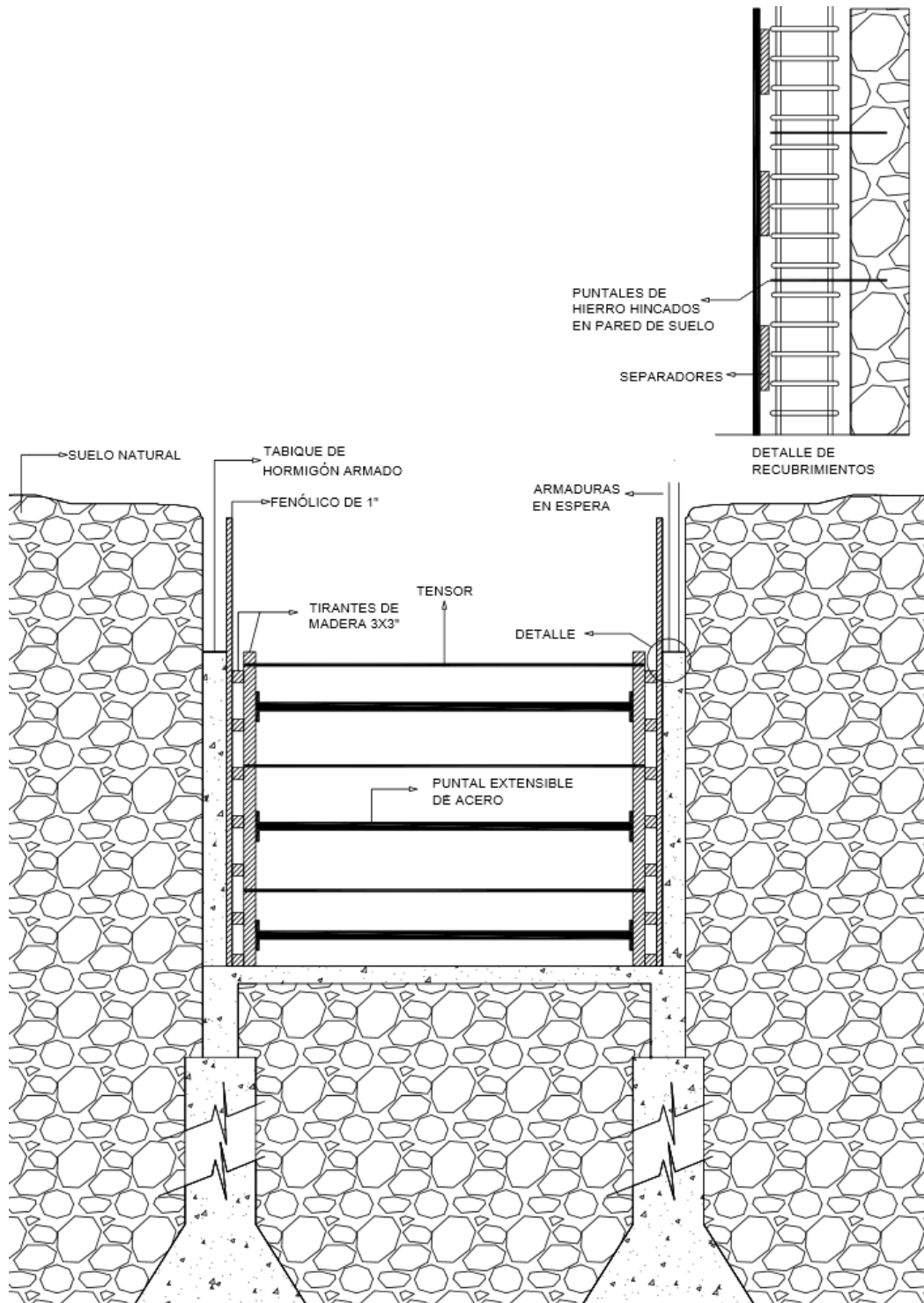


Figura 4.3.12-Esquema de encofrado del recinto

Una vez ejecutado el encofrado del tabique se prosiguió con el hormigonado del mismo y al día siguiente con su desarme (Fig.4.3.14). Como se mencionó, no se requirió realizar un proceso de curado sobre el tabique de hormigón debido a las condiciones

óptimas de temperatura y humedad propias de la época en que se llevaron a cabo los trabajos.



Figura 4.3.13-Encofrado de los tabiques del recinto



Figura 4.3.14-Desencofrado de los tabiques del recinto

El proceso de ejecución del tabique se dividió en dos etapas, la primera hasta  $\frac{3}{4}$  (Fig. 4.3.14) de su altura total de 4 m, y la segunda hasta completar faltante luego de haber realizado la cisterna.

#### **4.3.2.2 Cisterna**

La cisterna que se aloja dentro del recinto se llevó a cabo en dos etapas. La primera consistió en realizar los muros y losa de fondo para luego recuperar el encofrado y proceder al cerramiento superior empleando una losa de viguetas.

Previo a comenzar cualquier tarea de armado del encofrado se debieron realizar las seis columnas destinadas a sustentar el tanque. En la Figura 4.3.15 se aprecia el esquema de encofrado que se utilizó en este caso, mientras que la Figura 4.3.16 contiene una vista de cómo quedó ejecutado.

Analizando en detalle la Figura 4.3.15, se aprecia una abertura en la zona del chaflán a 45 grados ubicado entre la unión de la losa de fondo y el tabique. Esta abertura es ejecutada para realizar el hormigonado del tanque (losa de fondo y paredes) en una sola etapa y conseguir así un ahorro en los tiempos de ejecución. Como se puede deducir, es de considerable importancia que al implementar esta metodología el hormigón fresco posea un bajo asentamiento, ya que de lo contrario no resistirá el empuje provocado por la altura de hormigón en las paredes de los tabiques. Además,

se debe restringir (cuestión que no fue necesaria en este caso) la altura del hormigonado del tabique de modo que el mismo no ejerza tampoco demasiada presión e invalide así la metodología.

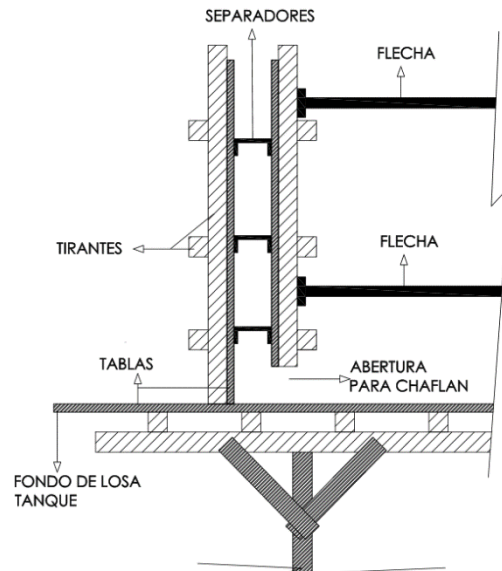


Figura 4.3.15-Esquema del encofrado de la cisterna



Figura 4.3.16-Hormigonado de cisterna

El cerramiento superior del tanque se decidió realizar a través de viguetas pretensadas de H<sup>o</sup>A°. Esto supuso la ventaja de prescindir del encofrado dentro del tanque, el cual además de consumir tiempo sería de difícil recuperación ya que luego solo se podrían pasar sus piezas a través de una abertura de 60x60cm.



### 4.3.2.3 Losa del Recinto

Una vez ejecutada la cisterna de almacenamiento, se realizó el cerramiento de la sala de cisterna utilizando una losa del tipo nervurada. La losa debió ser modificada respecto a la del proyecto, debido a inconvenientes en la circulación de personas al transitar por la escalera de acceso. La solución de este problema requirió eliminar una porción de la losa (sombreado en cruz) como se indica en la Figura 4.3.17.

El proceso de encofrado de la losa se puede apreciar en la Figura 4.3.18, en donde se empleó un sistema tradicional con una gran cantidad de puntales de corta longitud, en la zona central, debido a la pequeña distancia disponible entre la cara superior de la losa del tanque de almacenamiento y el fondo de losa del recinto.

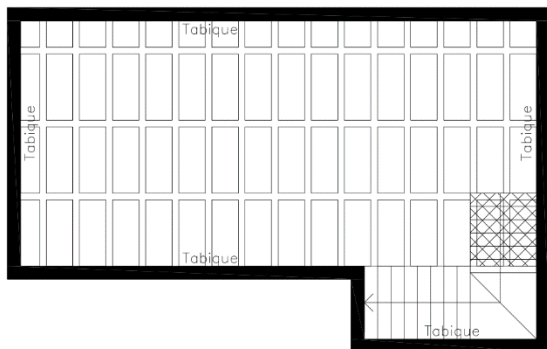


Figura 4.3.17-Modificación de la losa del recinto

Figura 4.3.18-Encofrado de la losa del recinto

Una vez que se tuvo el encofrado listo se comenzó con el armado de la losa nervurada, cuestión constructiva que se trata en detalle en la sección 4.3.3.2. De igual modo se aprecia en las Figuras 4.3.19 y 4.3.20 el proceso de ejecución de la misma.



Figura 4.3.19-Proceso de armado losa de recinto



Figura 4.3.20-Losa finalizada

### 4.3.3 Estructura del Segundo Módulo de la Edificación

En la presente sección se aborda la ejecución del segundo módulo de la estructura de H°A°, llevada a cabo de forma diferencial por dos motivos. En las Figuras 4.3.21 y 4.3.22 se puede observar que una zona de la estructura del subsuelo entra en conflicto con el desnivel natural del sitio al producirse la intersección de ambos. Para evitar este inconveniente se debía perfilar el suelo del lugar y contenerlo con el muro de H°A° mencionado en la Descripción, que por cuestiones de logística y seguridad (ver Capítulo 5), se debió posponer la tarea. El sombreado en diagonal de la Figura 4.3.23 indica aquellas zonas en las que se debió postergar su ejecución y constituye uno de los motivos por el cual merece tratarse de manera separada.

El segundo motivo tiene que ver con la demora en la continuación de uno de los tabiques del recinto de cisterna colindantes a la FCQ, lo cual imposibilitó la ejecución de una zona de la estructura, apreciándose la misma con un sombreado en cruz (Fig. 4.3.23).



Figura 4.3.21-Zona de conflicto



Figura 4.3.22-Zona de conflicto

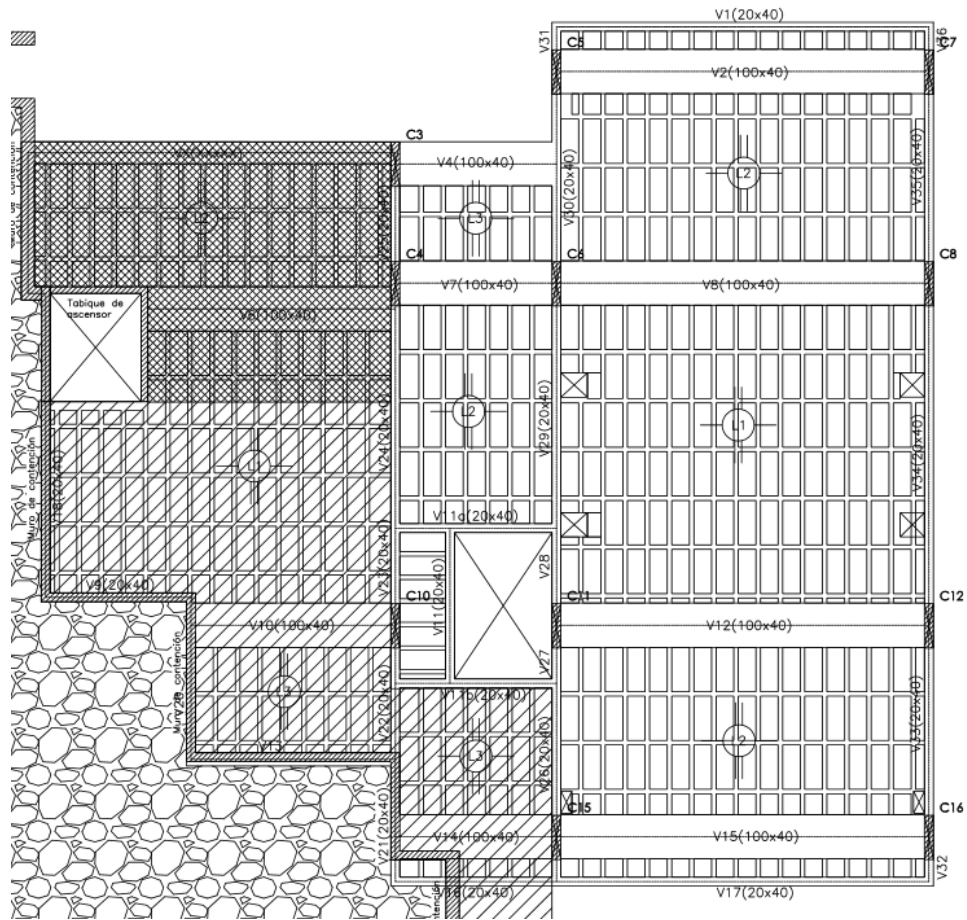


Figura 4.3.23-Ejecución diferencial de la estructura

#### 4.3.3.1 Columnas del 1er SS

En primer lugar se realizó la limpieza de la zona de la estructura, dejando al descubierto las vigas de fundación y los hierros correspondientes a las columnas del 1er SS, como se puede apreciar en la Figura 4.3.24. Luego se ubicaron los dos ejes principales de replanteo, tomándose como referencia la estructura existente. Estos ejes se marcaron como lo indica la Figura 4.3.25, mediante hilos tensados sobre un cerco de replanteo.



Figura 4.3.24-Limpieza sobre el terreno

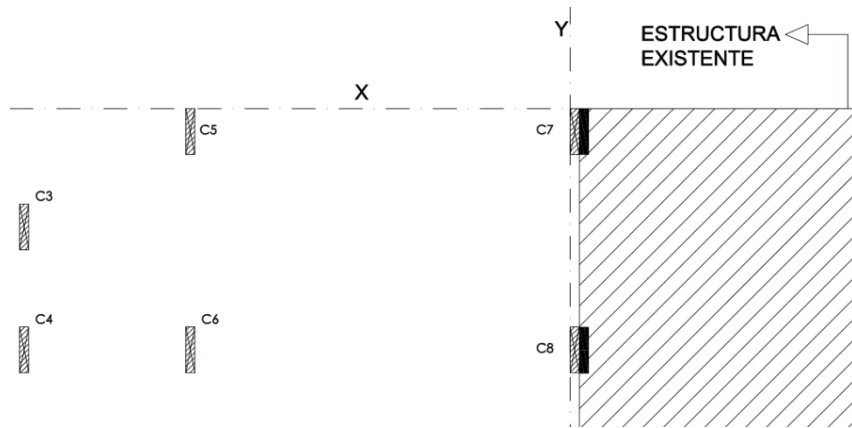


Figura 4.3.25-Ejes principales de replanteo de la estructura

El proceso de ejecución de una columna comienza con el replanteo de los bordes de su sección sobre la superficie de su base. (Fig. 4.3.26), de modo que luego se pueda ejecutar el correspondiente dado de replanteo (Fig. 4.3.27).

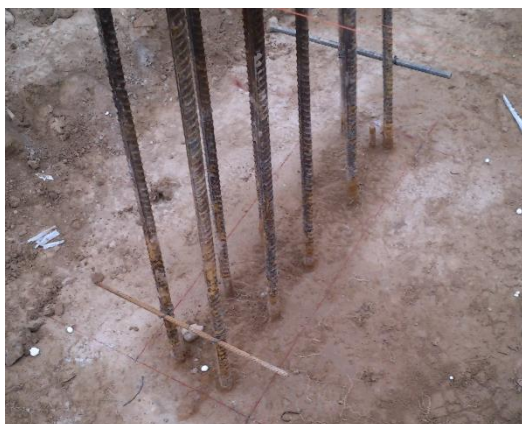


Figura 4.3.26-Replanteo caras de columnas



Figura 4.3.27-Dado de replanteo

Una vez realizados los dados de replanteo se da comienzo a la colocación de las armaduras (Fig. 4.3.28), de modo que al finalizarse se pueda proseguir con la ejecución del encofrado.



*Figura 4.3.28-Armado de una columna*

Los encofrados se realizaron en dos piezas (Fig. 4.3.29), donde una poseía tres de las cuatro caras de la columna, colocándose de este modo en una primera etapa, mientras que la restante cerraba el encofrado como una especie de tapa. Esta metodología permitía agilizar considerablemente el ritmo de las tareas (Fig. 4.3.30), a la vez que se garantizaba un trabajo de gran calidad.



*Figura 4.3.29-Encofrado de columna en dos piezas*



*Figura 4.3.30-Montaje de una pieza de encofrado de columna*

El paso final previo al hormigonado consiste en verticalizar el encofrado en los dos sentidos, según los ejes principales de su sección, para luego arriostrarlo de modo que el mismo permanezca fijo hasta el endurecimiento del hormigón. Esta tarea comenzó suspendiendo una plomada adosada a una parte del encofrado, verificándose así con una cinta métrica que la distancia entre el eje (hilo) y una de las caras del

encofrado se mantuviera constante en altura (Fig. 4.3.31). Si era necesario realizar una corrección se procedía a modificar las longitudes de las flechas (Fig. 4.3.32).



Figura 4.3.31-Verticalización de columnas



Figura 4.3.32-Encofrado de columna

#### **4.3.3.2 Empleo de aditivo en el Hormigón Estructural de Losas y Vigas**

En cierta etapa de la obra la empresa contratista realizó una comparación entre el avance de obra llevado a cabo hasta ese momento y el plan de avance propuesto por la misma. Dicha comparación evidenció un claro atraso en el rubro Estructura de H°A°. Ante esta situación, la empresa tomó la decisión de incorporar en el hormigón un aditivo acelerador de fragüe para anticipar el desencofrado, lográndose así un ahorro en los tiempos de ejecución, ya que solo se había previsto alquilar un solo equipo para el encofrado de las losas.

Este aditivo otorga las siguientes propiedades al hormigón, según la cartilla de presentación del producto de la marca que lo comercializa:

##### En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastificante), lográndose un mejor traslado y un fácil colado y compactación.
- Permite una reducción de la cantidad de agua de amasado del 7% al 10%.
- Retarda levemente el principio de fraguado, permitiendo un mejor desarrollo de resistencias mecánicas.

En el hormigón endurecido:

- Aumenta las resistencias mecánicas iniciales y finales en función de la reducción del agua utilizada en la mezcla.
- De acuerdo al tipo de cemento utilizado, podría otorgar a los 3 días las resistencias equivalentes a las de un hormigón testigo sin aditivo con 7 días de edad.
- De acuerdo al tipo de cemento utilizado, podría otorgar a los 7/14 días las resistencias equivalentes a las de un hormigón testigo sin aditivo con 28 días de edad.
- Mejor adherencia del hormigón a las armaduras debido al aumento de la resistencia de la interface mortero-agregado.
- Permite desencofrar y habilitar más rápidamente la estructura.

A continuación se presenta en la Tabla 4.3.2 los resultados de los ensayos de tiempos de fraguado y resistencias a compresión que brinda la cartilla de presentación del producto para las siguientes condiciones:

Hormigón con 300 Kg. de cemento CPN 40

Dosis = 0,65%

Reducción de agua: 8,0%

Temperatura de ensayo: 23° C

Normas de ensayo: IRAM 1536 / 1546 / 1662

*Tabla 4.3.2-Propiedades del producto*

<b>Propiedades</b>	<b>Patrón</b>	<b>Con Aditivo</b>
Asentamiento(Cm)	8,50	8,00
Tiempo inicial de fraguado(h)	4,25	4,25
Tiempo final de fraguado(h)	7,00	7,66
Relación A/C	0,56	0,52
Resist. Compresión 1 día(Mpa)	5,40	6,30
Resist. Compresión 3 día(Mpa)	15,30	21,40
Resist. Compresión 7 día(Mpa)	24,20	31,40
Resist. Compresión 14 día(Mpa)	26,50	35,90
Resist. Compresión 28 día(Mpa)	31,20	42,50

A partir de las propiedades que se presentan en la Tabla 4.3.2 se puede concluir que realizando una correcta dosificación del aditivo es posible reducir el tiempo de desencofrado y aumentar la resistencia de diseño del hormigón.

La empresa proveedora del hormigón elaborado ofreció incorporar el producto en las partidas de hormigón, asegurando así las características que se requerían. El costo adicional por este servicio resultó elevado y la empresa contratista tomó la decisión de realizar la incorporación del este en obra, asumiendo el riesgo que conllevaba dicha tarea. De este modo, a cada partida de hormigón que llegaba a obra se agregaba el producto (Fig. 4.3.33) en la relación de 25 litros por cada 8m<sup>3</sup> de hormigón tipo H-21 (0,90% por peso del cemento aproximadamente), a la vez que el hormigón se solicitaba con una reducción del agua de amasado en un 10%, conforme a lo descrito en la cartilla del producto. Una vez dosificado dentro del camión, se proseguía a realizar las probetas de hormigón (Fig. 4.3.34) que luego se ensayarían con distintas edades, obteniéndose los resultados de las Tablas 4.3.3 y 4.3.4 correspondientes a las losas del 1er SS y de PB respectivamente. De este modo se lograba saber si la losa contaba con la resistencia necesaria para proseguir con su desencofrado en un tiempo menor a los convencionales (21 días).



Figura 4.3.33-Dosificación del aditivo (25 litros)



Figura 4.3.34-Probetas de hormigón para ensayar

Tabla 4.3.3-Resultados ensayos a compresión Losa 1°SS

Identificación de probeta			Fecha de ensayo	Dimensiones mm		Carga máxima KN	Tipo de Rotura	Tensión de rotura	
S/LAB	S/SOLIC	Edad de ensayo[días]		Diámetro	Altura			Mpa	Kg/cm2
4009-1	Losa 1°SS	10	11/07/2016	150,1	307	436	1	25	251
4009-2	Losa 1°SS	10	11/07/2016	148,7	302	378	1	22	222
4009-3	Losa 1°SS	14	15/07/2016	143,2	299	406	1	25	257
4009-4	Losa 1°SS	28	29/07/2016	149,5	311	404	7	23	235
4009-5	Losa 1°SS	28	29/07/2016	141,5	299	466	1	30	302



Tabla 4.3.4-Resultados ensayos a compresión Losa PB

Identificación de probeta			Fecha de ensayo	Dimensiones mm		Carga máxima KN	Tipo de Rotura	Tensión de rotura	
S/LAB	S/SOLIC	Edad de ensayo[días]		Diámetro	Altura			Mpa	Kg/cm2
4042-1	Losa PB	14	08/09/2016	145,0	298	425	1	26	263
4042-2	Losa PB	14	08/09/2016	146,9	293	328	1	19	198

Los resultados de la Tabla 4.3.3 referidos a la losa del 1er SS evidencian que a los 10 días se había superado la resistencia de 21Mpa, lo cual representa un ahorro de 10 días para lograr la resistencia de diseño. De este modo con el resultado del ensayo a los 14 días se tomó la decisión de desencofrar la losa.

Durante el hormigonado de la losa sobre PB se realizaron probetas de hormigón y se realizaron ensayos a la edad de 7 días a los fines de evaluar la resistencia de una manera preliminar. Las resistencias obtenidas alcanzaron valores muy por debajo de lo esperado y de lo logrado en la losa del 1er SS. De esta manera, se decidió cambiar los planes de trabajo y dar inicio a las actividades necesarias para completar la estructura faltante, comenzándose así con las tareas de movimiento de suelos y ejecución de los muros de contención. De este modo, se decidió desencofrar a los 21 días, motivo por el cual solo se realizaron ensayos sobre dos probetas con 14 días de edad para tener certeza acerca de los valores de resistencia alcanzados. El motivo por el cual se obtuvo un bajo desempeño en el efecto inicial del aditivo posiblemente se deba a que estas partidas de hormigón no se solicitaron con la reducción del 10% en agua de amasado.

#### 4.3.3.3 Losas y Vigas del 1er SS

Las losas nervuradas se resuelven empleando un sistema patentado de encofrado de nombre EFCO, alquilado por la subcontratista. Estos encofrados se entregan a la vez con un Plano de Encofrado que responde a la estructura a ejecutar (Fig. 4.3.35), exigido por los organismos de control. Las distintas piezas que componen el mismo se mencionan a continuación:

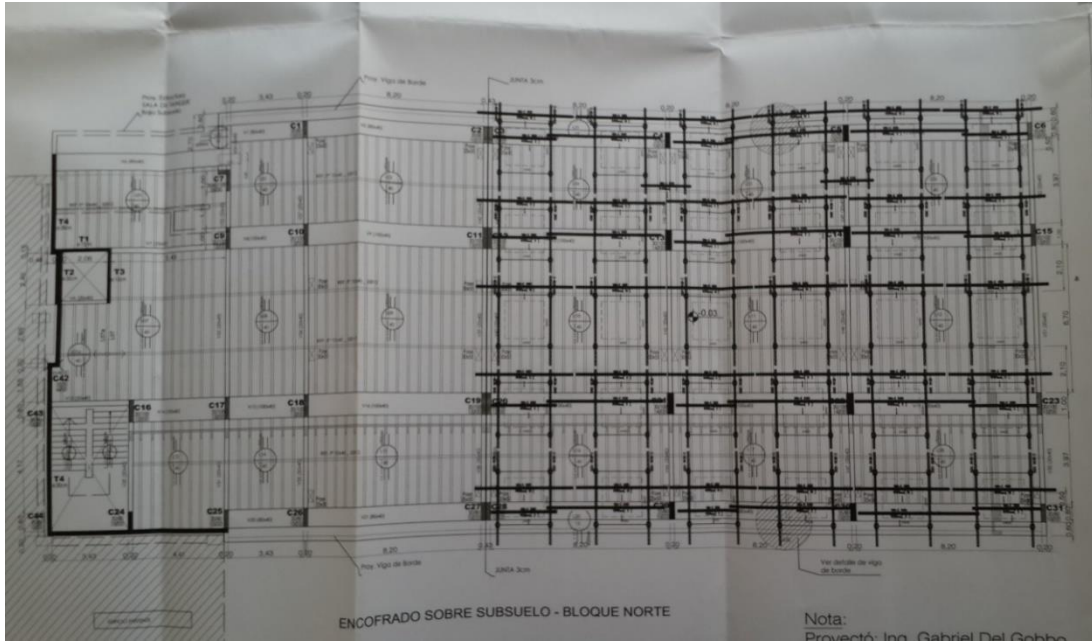


Figura 4.3.35-Plano de encofrado (1ra licitación)

- Módulos estructurales: Estos módulos (Fig. 4.3.36 y 4.3.37) poseen una configuración rectangular en planta, en cada esquina se ubica un puntal extensible de acero que se vincula a los adyacentes a través de tubos estructurales de acero que se disponen formando triangulaciones en toda la altura de la cara, logrando de esta manera un conjunto totalmente arriostrado, estable e independiente.



Figura 4.3.36-Módulo estructural



Figura 4.3.37-Módulo estructural

Los puntales poseen en su base un sistema de rosca (Fig. 4.3.38) que permite calibrar su altura extendiéndolo o contrayéndolo según se requiera, mientras que en su extremo superior (Fig. 4.3.39) se coloca un dispositivo que tiene por fin servir de apoyo a la viga principal (banquina) e impedir que esta gire alrededor de su eje longitudinal por inestabilidad, aprovechando así su mayor rigidez flexional.



Figura 4.3.38-Sistema de rosca



Figura 4.3.39-Dispositivo de fijación de banquina

- Vigas Primarias (Banquinas): Se componen de planchas de acero plegadas y unidas de manera que se obtiene una sección eficiente desde el punto de vista estructural y un elemento liviano para su manipulación (Fig. 4.3.39).

- Vigas secundarias (Soleras): Es una plancha plegada de metal galvanizado para lograr una sección trapezoidal (Fig. 4.3.40). La viga a su vez contiene una serie de orificios que reducen su peso y sirven también para ser utilizados como elementos auxiliares según la conveniencia al momento de montar el encofrado. Estas vigas apoyan sobre las principales y se separan en función del peso de la losa que deben soportar.



Figura 4.3.40-Soleras

- Placas: Se componen por placas de fenólicos y no son partes del encofrado EFCCO. Las mismas son dispuestas sobre las vigas secundarias, definiendo así el fondo de la losa. En la Figura 4.3.41 se aprecia una vista frontal el encofrado, mientras que la Figura 4.3.42 contiene una vista área del mismo.



Figura 4.3.41-Vista frontal del encofrado de losa



Figura 4.3.42-Vista aérea del encofrado de losa

A continuación se describen las distintas tareas que se llevaron a cabo en la confección de la losa nervurada de la Planta Baja; comenzando con el armado de los encofrados, luego por la disposición de los elementos que integran y definen la losa en sí misma (molones, armaduras, etc.) y por último el proceso de hormigonado.

Luego del armado del encofrado de las losas, se comienza con la tarea de nivelación de un módulo, el cual es tomado posteriormente como referencia para la calibración de los restantes (ver Figura 4.3.43).

Así, una vez calibrado el primer módulo, se elige algún elemento característico en uno de los puntales y presente en los demás (elemento sobresaliente), y mediante un nivel de manguera se nivela el resto de los módulos. La metodología se fundamenta en que estos elementos al encontrarse a un mismo nivel entre sí conforman un plano paralelo al del fondo de losa, lográndose de esta manera obtener el nivel necesario del encofrado. Por último, se realiza una verificación del nivel de fondo de losa mediante un nivel óptico.

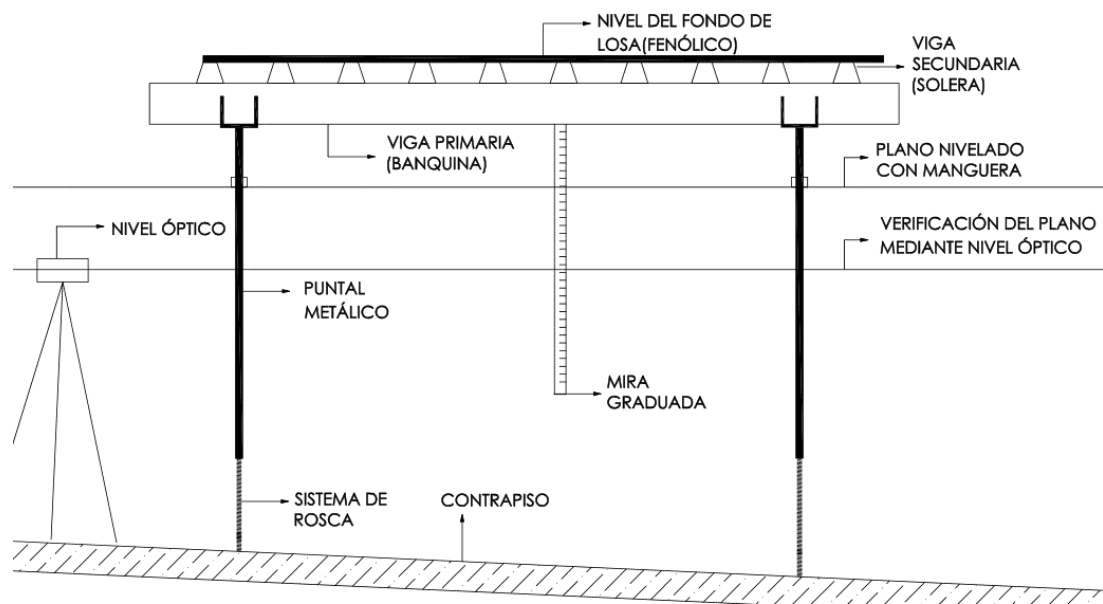


Figura 4.3.43-Proceso de nivelación del fondo de losa

Luego de nivelados todos los módulos del encofrado se confeccionan las armaduras de las vigas de piso, tal como se aprecia en la Figura 4.3.44.

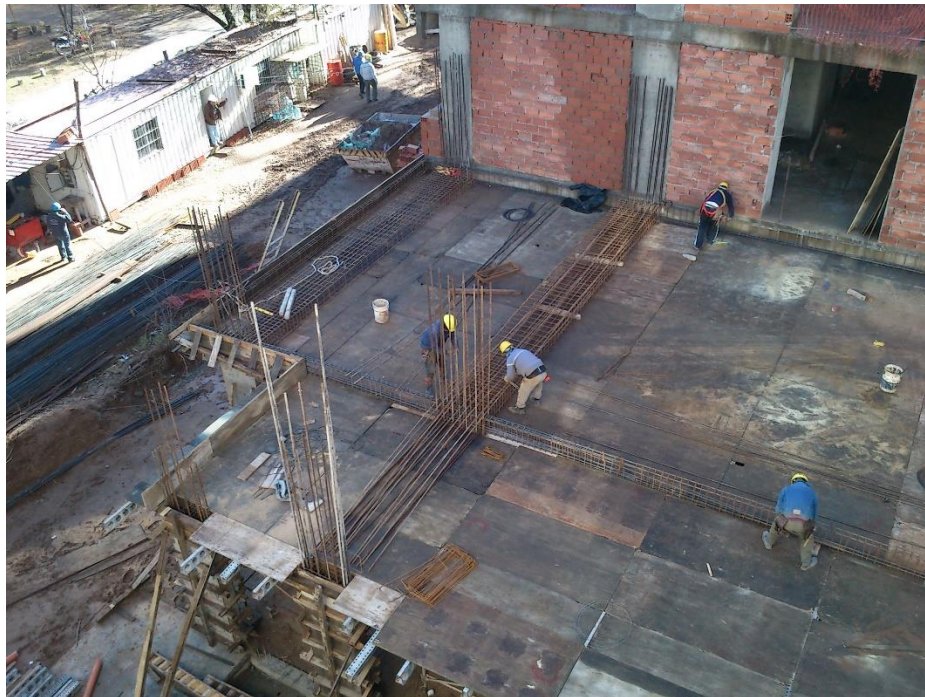


Figura 4.3.44-Confección de las armaduras de las vigas

Una vez armadas las distintas vigas se comienza con el armado de la losa nervurada. La disposición de los elementos que integran la misma, empieza con la colocación de metal desplegado (Fig. 4.3.45) con el propósito que quede adherido al

fondo de losa cuando esta sea hormigonada y pueda ser utilizado posteriormente en la ejecución del cielorraso. Luego de este paso se colocan los molones, alineados mediante guías de hilos tensados (Fig. 4.3.45) que demarcan los nervios de la losa.



*Figura 4.3.45-Proceso de armado de losa nervurada*

Acto seguido se disponen los estribos cuya función es servir de apoyo a la armadura de nervio, garantizando el recubrimiento mínimo de hormigón, y a su vez vincula los molones de poliestireno expandido, restringiendo su movimiento y permitiendo el tránsito sobre los mismos. Esto se logra doblando la armadura del estribo de forma conveniente, de modo tal que puedan ser hincadas sobre los molones. En la Figura 4.3.46 y 4.3.47 se aprecia lo descripto anteriormente.



*Figura 4.3.46-Disposición de estribos en losa nervurada*



*Figura 4.3.47-Forma de estribos en losa nervurada*

Una vez dispuestos los molones con los correspondientes estribos, se comienza con la colocación de las armaduras longitudinales del nervio (Fig. 4.3.46) y luego, previo al hormigonado, se dispone por encima de todo el conjunto la armadura de repartición alojada en la capa de compresión y formada por una malla de acero electro soldada de diámetro 4,2mm (Fig. 4.3.48).



*Figura 4.3.48-Losa en espera del hormigón*

El proceso de hormigonado se puede observar en la Figura 4.3.49, donde se comienza por la zona más alejada de la bomba y trabajándose por áreas localizadas o paños, hasta completar el volumen de una partida de hormigón. Luego a medida que se realiza el hormigonado, un operario nivela la cara superior de la losa con ayuda de un fratás de madera y una varilla de hierro. La varilla es hincada de modo tal que haga tope sobre el fondo de losa (fenólico), así el operario constata el espesor de la losa. En la Figura 4.3.50 se aprecia un paño de trabajo desde una vista aérea.



Figura 4.3.49-Nivelado de losa durante hormigonado



Figura 4.3.50-Paño de trabajo

#### 4.3.3.4 Losa faltante del 1er SS

En esta sección se describe un inconveniente durante el proceso de construcción de losa del 1er SS por la omisión de una parte de la misma. La losa faltante se puede apreciar en la Figura 4.3.51 con un sombreado. Sus dimensiones son de 3,50m por 2,20m y la misma se encuentra en voladizo, sustentándose a través de dos vigas que se encuentran empotradas en sus extremos.

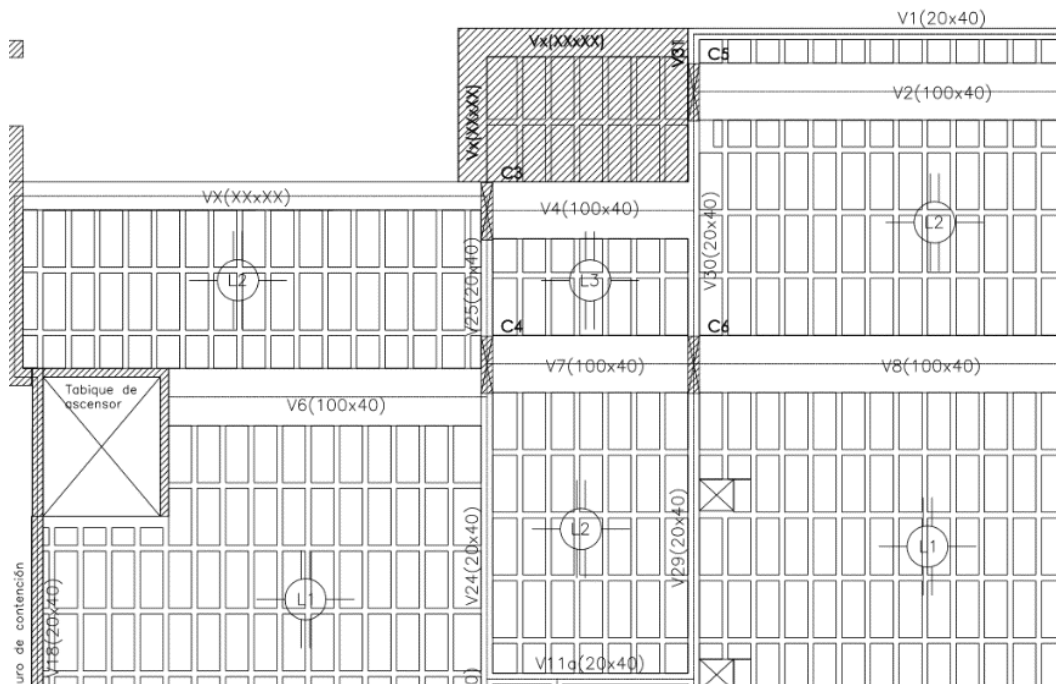


Figura 4.3.51-Losa en voladizo faltante-1er SS



La causa por la cual se omitió la losa fue porque el calculista de la estructura olvidó dibujarla en el Plano de la Planta Estructural del 1er SS. Durante la ejecución de dicha planta nadie se percató del error, sino hasta el momento en que se comenzó a realizar el nivel superior y en los planos de estructura figura la losa que en el nivel inferior no estaba. Ante esta situación, se consultaron los planos de Arquitectura del 1er SS, confirmándose la existencia de la losa en voladizo.

A los fines de subsanar el error, se evaluaron distintas alternativas en búsqueda de una solución segura desde el punto de vista estructural, y sin afectar a la arquitectura de la edificación.

La solución (Fig. 4.3.52) que se decidió implementar fue la de disponer un tensor que se ancle en la losa faltante sobre PB y en la losa del 1erSS aún no ejecutada hasta ese momento. Para lograr el anclaje de una forma efectiva y sin comprometer la resistencia de la losa donde se realizaba, se debió macizar y reforzar una zona de ambas losas retirando un molón de poliestireno expandido y colocando armadura de refuerzo (Fig. 4.3.56). Ahora la losa sobre del 1er SS no solo debía soportar su propio peso, sino también parte del de la losa inferior.

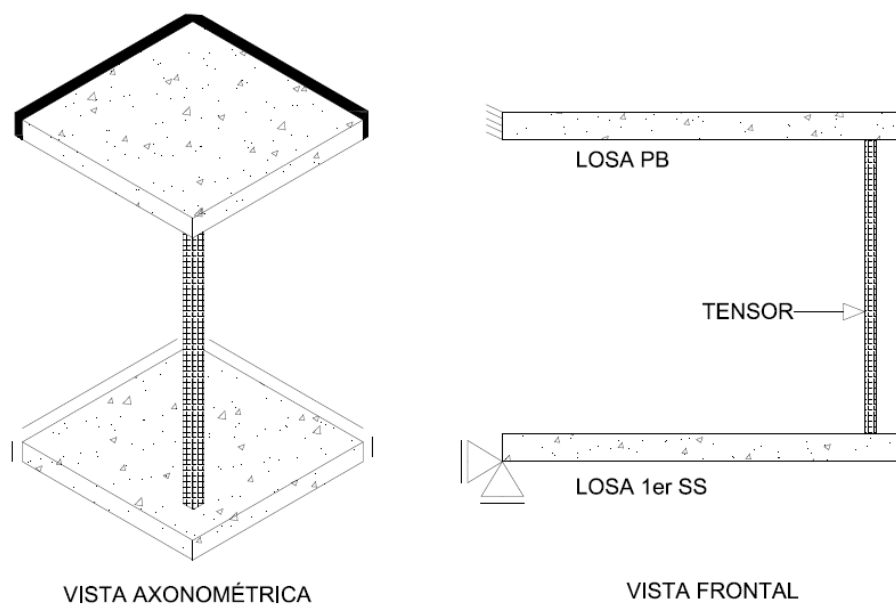


Figura 4.3.52-Esquema de solución empleada en losa faltante

La no ejecución de la losa sobre PB implicó que tampoco se dejaran las armaduras en espera correspondientes a las vigas de apoyo de la losa. Esta situación se resolvió mediante la utilización de anclajes químicos. Para esto se perforó sobre los bordes de la estructura en donde debían anclarse las armaduras, una profundidad de

20cm (Fig. 4.3.53) mediante una broca. Luego de este paso, se inyectó un producto especial dentro de las perforaciones y posteriormente se introdujeron las barras de acero mediante golpes de masa. El objetivo era recubrir todas las armaduras con el producto y que no quedasen espacios de aire dentro de la perforación, de modo tal que al endurecerse el producto químico se lograra que el anclaje desarrolle la resistencia necesaria. En la Figura 4.3.54 se aprecia cómo quedaron confeccionados algunos de los anclajes en cuestión.



*Figura 4.3.53-Perforaciones para anclaje químico*



*Figura 4.3.54-Anclajes ejecutados*

El cuerpo principal del tensor se ejecutó a través de dos perfiles de acero de tipo UPN100 unidos mediante cordones de soldadura, formando así una sección de tipo cajón. Por otro lado, en los extremos del mismo se dispuso en forma de cruz una parrilla formada por perfiles UPN50, cuyo fin era lograr un anclaje efectivo en el dado de hormigón. Esto se aprecia en las Figuras 4.3.55 4.3.56



*Figura 4.3.55-Parrilla de anclaje del tensor*



*Figura 4.3.56-Disposición del tensor en la losa*

Una vez dispuesto todo el conjunto se procedió a hormigonar la losa.

#### 4.3.3.5 Columnas y Losas de niveles superiores

El procedimiento para la materialización de las columnas y losas es el mismo que se describió para el Subsuelo, aclarando que el replanteo de las columnas es ligeramente diferente, debido a su posición sobre las diferentes losas

Una vez hormigonada la losa correspondiente al 1er SS se comienza con las tareas de ubicación de los ejes de replanteo sobre la misma, tal y como se aprecia en la Figura 4.3.57.

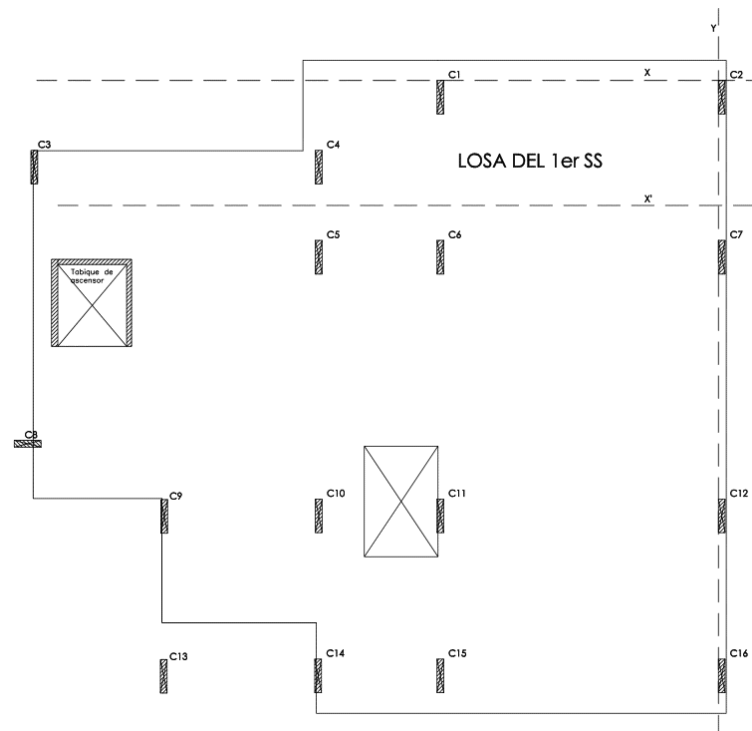


Figura 4.3.57-Ejes de replanteo en pisos superiores

El objetivo en esta etapa es trasladar los ejes principales de replanteo al nivel superior. La definición de los mismos se realiza tomando de referencia los lados de las columnas ya ejecutadas del 1er SS. El traslado de los ejes, sobre la cara superior de la losa del 1er SS, se realiza empleando elementos tales como marcos y tablas de madera, plomadas y cintas métricas (Fig. 4.3.58 y 4.3.59).



Figura 4.3.58-Traslado de ejes a pisos superiores



Figura 4.3.59-Traslado de ejes a pisos superiores

A los fines de verificar la escuadra de los ejes recién ubicados, se replanteó un triángulo rectángulo, cuyos catetos deben medir 3m y 4m. Si el ángulo que forman ambos ejes es de  $90^\circ$ , la hipotenusa debe medir 5m. En las Figuras 4.3.60 y 4.3.61 se pueden observar cómo quedan demarcados sobre la losa los ejes mencionados.



Figura 4.3.60-Demarcación de ejes sobre losa



Figura 4.3.61-Demarcación de ejes sobre losa

Por último se menciona un inconveniente que se presentó luego de la materialización de la columna C10 de PB, a causa de un error en la armadura longitudinal en espera para la columna en el tramo del N1. Al armar la columna, se empalmaron barras de diámetro 20mm en vez de 25mm que era lo que correspondía utilizarse, error que fue advertido cuando ya se había hormigonado la losa de PB junto con la columna en cuestión. Frente a esta situación, se decidió desencofrar la columna y proceder con la demolición de la misma mediante un martillo percutor (Fig. 4.3.62 y

4.3.63), para luego que de este modo se pudieran reemplazar las barras por las que correspondían. En la Figura 4.3.64 se aprecia el cambio de las barras longitudinales.



*Figura 4.3.62-Picado de columna*



*Figura 4.3.63-Picado de columna*



*Figura 4.3.64-Remplazo de barras por las correspondientes*

#### **4.3.4 Estructura de Escaleras**

##### **4.3.4.1 Escalera de acceso a Sala de Cisterna**

Previo a la ejecución de la escalera de acceso a la cisterna se verificaron las dimensiones en obra en comparación con las expresadas en los planos. De este modo, el desnivel a salvar resultó de 4,00m, frente a los 3,70m que figuraba en los planos, de manera que la solución requirió el agregado de dos escalones más y el reajuste de las huellas y contrahuellas.

Una vez ajustadas las dimensiones de la escalera se da comienzo al replanteo de la misma sobre las paredes laterales (Fig. 4.3.65), marcando de este modo el fondo de losa y los escalones.



*Figura 4.3.65-Replanteo de escalera a sala de cisterna*

Las escaleras de H°A° se pueden interpretar como losas inclinadas que poseen en una de sus caras los escalones, de modo que el encofrado comienza con la colocación de un tablero que define el fondo de losa inclinado (Fig. 4.3.66). Luego sobre el mismo se disponen las armaduras correspondientes, en donde las barras longitudinales se anclaron químicamente a los tabiques existentes, tal como se puede apreciar en la Figura 4.3.68.



*Figura 4.3.66-Encofrado losa de escalera a cisterna*



*Figura 4.3.67-Encofrado de escalones*

El siguiente paso consistió en colocar el encofrado que permite dar forma a los escalones. Estos son ensamblados (Fig. 4.3.67) y luego adosados por clavado a maderas que se fijan sobre los tabiques laterales (Fig. 4.3.68). Por último se aprecia en la Figura 4.3.69 el aspecto terminado de la escalera.



Figura 4.3.68-Armadura de la escalera



Figura 4.3.69-Escalera ejecutada

#### 4.3.4.2 Escalera de vinculación 1er Sub Suelo y Planta Baja

El proceso de replanteo y armado del encofrado es exactamente igual al descrito en la sección anterior, con la diferencia de que esta escalera posee una configuración distinta. Para el empalme de las barras longitudinales del tramo inferior se dejó armadura en espera, mientras que en el tramo superior no, razón por la cual las barras longitudinales se debieron fijar mediante anclaje químico sobre uno de los laterales de una viga. En las Figuras 4.3.70 y 4.3.71 se aprecia el proceso constructivo de la misma.



Figura 4.3.70-Encofrado de la escalera



Figura 4.3.71-Armadura de la escalera

Por último se menciona el inconveniente ocurrido durante el proceso de hormigonado de esta escalera. El hormigón utilizado fue provisto con un asentamiento elevado, producto de la incorporación del aditivo acelerador de fragüe. La consistencia del hormigón fresco vertido, provocó inconvenientes en el llenado de la escalera ya que

era muy fluido y resultaba imposible moldear los escalones. En este sentido, el proceso debió detenerse, para reanudarlo luego con una partida de hormigón sin aditivo.

#### **4.3.5 Estructuras de Tabiques**

##### **4.3.5.1 Tabique de ascensor-Tramo PB-N1**

En la obra analizada ya se encontraba ejecutado un tramo del tabique desde el 1er SS a PB, razón por la cual antes de comenzar con las tareas para su continuación, se procedió a verificar el estado del mismo. De este modo se constató que el tabique poseía un desplome de 4 cm en una de sus caras, sin compromiso estructural del conjunto.

El procedimiento para su ejecución comenzó con la colocación de las barras de acero, a partir del empalme de la armadura en espera (Fig. 4.3.72), para luego dar paso a la ejecución del encofrado, empleando elementos de madera y ataduras de hierro (Fig. 4.3.73). La verticalización del encofrado se llevó a cabo de la misma manera en que se procedió con los encofrados de columnas, pero solo en las caras mayores por el tipo de elemento.



*Figura 4.3.72-Armado del tabique*



*Figura 4.3.73-Encofrado del tabique*

##### **4.3.5.2 Muro de Contención de Suelo**

El muro de contención de suelo no solo se vincula a una serie de pilotes, sino que a la vez posee una zapata que permite el apoyo del mismo sobre el estrato de suelo. Por lo tanto, dada la forma seccional del mismo se decidió llevar a cabo su ejecución en dos etapas por cuestiones puramente constructivas.



En una primera etapa se realizó la zapata del tabique como se aprecia en la Figura 4.3.74 y 4.3.75, de modo que una vez ejecutada se pudiera dar paso a la construcción del tabique.



*Figura 4.3.74-Armadura de zapata*



*Figura 4.3.75-Armadura en espera*

El procedimiento constructivo es análogo al del tabique del ascensor, pudiéndose apreciar el proceso de hormigonado del mismo en la Figura 4.5.76



*Figura 4.3.76-Hormigonado del tabique de contención*

#### 4.3.6 Situación de la estructura

A la tercera semana del mes de septiembre del 2016, se encuentra ejecutada aproximadamente el 70% de la estructura diferencial o parcial, como se aprecia en la Figura 4.3.77. Por otro lado, durante esa misma semana se encontraban en ejecución las columnas del Nivel 2, pudiéndose constatar los encofrados de las mismas en la Figura 4.3.78.



*Figura 4.3.77-Estado de las plantas estructurales*



*Figura 4.3.78-Estado de las columnas del Nivel 2*

El tabique del pasadizo del ascensor se encuentra ejecutado en solo dos niveles, de los cuales uno de los tramos pertenece a la primera etapa de la obra. El mismo se puede apreciar en la Figura 4.3.79.

Por otro lado el muro de contención II, colindante con la FCQ, se encuentra ejecutado en un 70%, desarrollándose durante la semana mencionada las tareas para completar el restante 30%, según se aprecia en la Figura 4.3.6.80.



*Figura 4.3.79-Estado del tabique del ascensor*



*Figura 4.3.80-Estado del muro de contención II*

Por último, también se está realizando el encofrado para completar la losa del 1er SS.



*Figura 4.3.81-Terminación de la estructura del 1er SS*

## 5 ANÁLISIS DE LOS PLAZOS DE OBRA

---

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Una licitación pública es un procedimiento administrativo de selección del contratante que, sobre la base de una previa justificación de idoneidad, técnica y financiera más conveniente, tiende a establecer la mejor oferta para la adquisición o enajenación de servicios, bienes o ejecución de obras, buscando de este modo la competencia entre empresas en el proceso de selección. En caso de realizarse la selección de una oferta, se celebra un contrato en el cual el comitente y la contratista, aceptan las condiciones que se establecen en el mismo.

Centrándose ahora sobre la contratista, es de vital importancia que la misma lleve a cabo un exhaustivo estudio de las bases y condiciones del proyecto, ya que esto no solo le permitirá presentar una oferta más ajustada y de mayor calidad, sino que en caso de ser seleccionada tendrá un menor número de incertidumbres a la hora de cumplir con la triple restricción A-T-C (Alcance-Tiempo-Costo), y por ende con el contrato.

De esta manera, se desprende el concepto de proyecto, y más específicamente aplicado al caso de estudio, la programación de un proyecto de obra que la empresa deberá realizar, el cual es sumamente complejo de llevar a cabo debido a la gran cantidad de variables intervinientes e interrelacionadas, tales como el plazo de ejecución, el presupuesto y la forma de pago, financiamiento, plan de trabajos, subcontratación de maquinarias y servicios, compra de materiales, entre tantas otras.

Por lo tanto, considerando la importancia que tiene la programación de un proyecto de obra en una licitación pública, el objetivo de este capítulo es realizar, de acuerdo al Plan de Actividades presentado al comienzo, un estudio de los plazos de obra, contemplando en el proceso solamente los rubros analizados en esta PS. A continuación se presentan tres cuestionamientos que representan los objetivos que se pretenden alcanzar:

- Sí se presentaron atrasos en la obra, identificar los motivos que llevaron a los mismos y que consecuencias tuvieron sobre ésta.
- ¿Qué tan factible es estimar los nuevos plazos de obra llevando a cabo un análisis del proyecto en tiempo real?
- ¿Se pudieron haber previsto las causas que llevaron al atraso de la obra?

Esta serie de cuestionamientos son tomados como base en el desarrollo del presente capítulo, ya que los mismos permiten definir la metodología de trabajo mediante la cual se obtendrá la información necesaria para responderlos.

## **5.2 METODOLOGÍA DE TRABAJO Y DEFINICIONES**

A partir de la definición general de proyecto, entendiéndose por tal como una secuencia definida de eventos llevados a cabo para lograr los objetivos y metas propuestos, se realiza en una primera instancia la generación de tres proyectos de obra para poder abordar la problemática planteada. Estos proyectos son los siguientes:

- Proyecto Real: Representa la obra tal y como se llevó a cabo en la realidad, razón por la cual en su creación se toma la información recopilada durante la realización de la Práctica Supervisada.
- Proyecto de Estimación: El mismo tiene por fin representar de la manera más aproximada al Proyecto Real, mediante una estimación.
- Proyecto de la Contratista: Es el plan de trabajos que la contratista presentó al comitente para su aprobación.

### **5.2.1 Representación de un proyecto de obra**

A los fines de hallar la manera más adecuada de representar un proyecto, obteniendo información útil que responda al eje temático planteado se decide emplear el Método del Camino Crítico (de sus siglas en inglés CPM) como herramienta determinística para calcular tiempos y plazos. El proyecto (la programación de la obra en este caso) se divide en una serie de actividades, con un tiempo de ejecución determinado. Además estas actividades se pueden relacionar con las demás, generando así una serie de restricciones y condiciones al problema. A los fines de facilitar la comprensión del tema, se definen los siguientes conceptos:

- *Suceso, acontecimiento o etapa*: Instantes de referencia sin consumo de tiempos o medios.
- *Actividad*: Tarea u operación necesaria para poder pasar de un suceso o acontecimiento al siguiente; exige un consumo de tiempo y medios.
- *Duración de una actividad*: Es la cantidad de tiempo necesario para ser realizada la actividad, y se obtiene en base a la información disponible y la experiencia.

- *Actividades Críticas*: Son aquellas que fijan la duración total del proyecto, ya que cualquier demora en la realización de las mismas retrasa forzosamente su terminación.
- *Tiempo mínimo de los acontecimientos*: Es aquel tiempo más corto en que pueda alcanzarse un acontecimiento, o en otras palabras, es la fecha más pronta en la que puede ocurrir un acontecimiento dado. Su valor es igual a la suma de todas las actividades para llegar al acontecimiento por el camino más largo.
- *Tiempo máximo o límite de los acontecimientos*: Es la fecha más tardía en la que pueda ocurrir un acontecimiento. Para su cálculo se parte del tiempo más largo de cada uno de los acontecimientos inmediatamente posteriores, restando la duración de la actividad que los relacione y escogiendo el valor más bajo.
- *Holgura o margen de un acontecimiento u actividad*: Es el tiempo suplementario que se dispone para ser realizadas, o en otras palabras, en cuánto tiempo se puede retrasar o tardar su ejecución sin que sea afectado el tiempo de obra. Su cálculo se realiza a partir de la diferencia entre el tiempo máximo y mínimo.
- *Camino Crítico*: Está definido por aquellos acontecimientos y actividades cuyas holguras son mínimas, y se llama así porque cualquier retraso en una de sus actividades u acontecimientos afectará directamente el plazo final.

En la Figura 5.2.1 se presenta la representación gráfica de un proyecto genérico, en donde cada nodo representa un acontecimiento como el fin o comienzo de una actividad, mientras que las tareas son representadas a través de las flechas, las cuales indican la duración de las mismas y como se vinculan con los diferentes nodos. Luego operando convenientemente se coloca sobre cada nodo los tiempos mínimos y máximos en función de las actividades ligadas, de manera tal que si se marcan los nodos con diferencia nula (holgura cero), se puede encontrar la ruta crítica del proyecto.

## Método del Camino Crítico

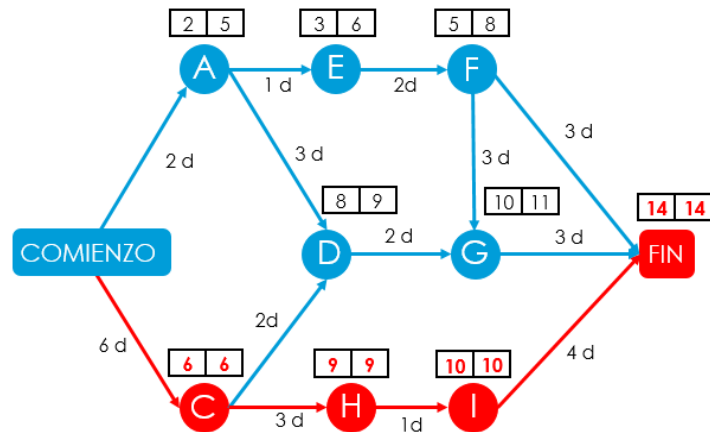


Figura 5.2.1-Representación gráfica del CPM

Otra representación gráfica muy difundida y utilizada en la administración de proyectos es el Diagrama de Gantt. La Figura 5.2.2 contiene un ejemplo del mismo donde se pueden apreciar las distintas actividades a realizar, ordenadas verticalmente en un arreglo de filas. Luego se tiene un eje horizontal que representa el tiempo, de modo que la duración de una actividad se expresa con una línea cuya longitud es proporcional al tiempo que demora. Además, la ubicación de esta línea respecto a los dos ejes indica a que actividad o tarea está referida y cuándo debe iniciarse como también ser finalizada.

A la vez, en este tipo de gráfico se pueden expresar cómodamente las interrelaciones y restricciones entre las distintas actividades, el porcentaje de avance de las mismas, la ruta crítica, la asignación de recursos, etc. De este modo, debido a la gran versatilidad que posee el Diagrama de Gantt, se lo emplea en la gran mayoría de los softwares destinados a la administración de proyectos.

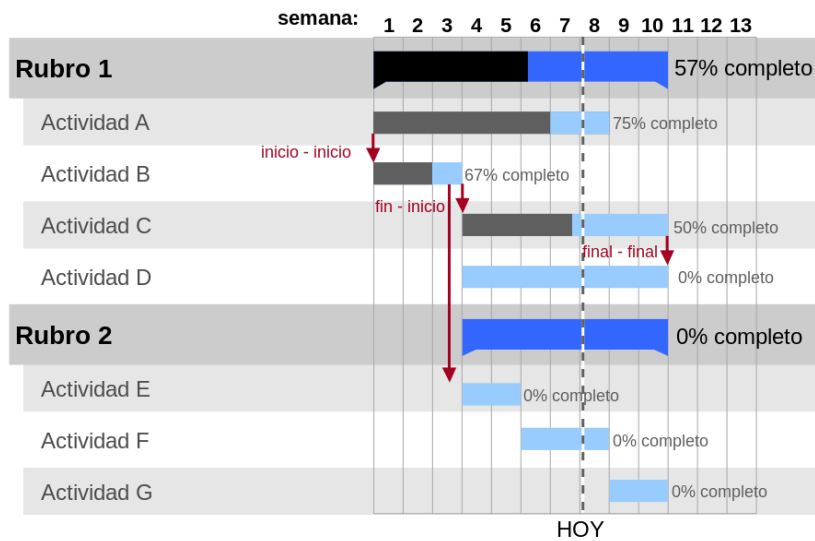


Figura 5.2.2-Diagrama de Gantt

### 5.2.2 Cálculo de la duración de una actividad

Unas de las cuestiones que se deben definir antes de comenzar a programar la obra, es cuánto dura una actividad dada. El abordaje de la problemática se puede realizar de diversas formas, siendo el objetivo del caso obtener las estimaciones de una manera simple y que sean representativas de la realidad. De este modo se decide utilizar lo que se conoce como el rendimiento de la mano de obra. Este parámetro es un número que indica la cantidad de tiempo que insume un tipo de operario en ejecutar una unidad de un ítem.

En base a la metodología propuesta, para determinar la duración de cierta tarea se debe realizar un cómputo métrico de la misma, para luego poder aplicar los rendimientos teniendo en cuenta la cantidad y tipo (oficial o ayudante) de personas que la realizan. A modo de ejemplo, se presenta el siguiente ejemplo:

Tarea: Ejecución de la armadura para un tabique de H°A°.

Cómputo (c): 20 m<sup>2</sup>

Rendimientos:

-Oficial (to): 0,04 m<sup>2</sup>/h

-Ayudante (ta): 0,03 m<sup>2</sup>/h

Cantidad de operarios:

-Oficial(o): 1 persona



-Ayudante(a): 4 personas

Tiempo esperado de la tarea (Te):

$$Te = \frac{c}{(to*o+ta*a)} = \frac{10}{0,04*1+0,03*4} = 125 \text{ h}$$

De modo que la tarea mencionada demoraría en ejecutarse 125 hs con la cuadrilla propuesta, y si se toma en 9 horas la jornada laboral, la duración de la misma sería de 14 días aproximadamente.

### **5.2.3 Empleo de software**

Según se mencionó en párrafos anteriores, la forma de representar un proyecto es a través de la descomposición del mismo en una serie de actividades u acontecimientos que pueden interrelacionarse entre sí. Por lo tanto, teniendo en cuenta la gran cantidad de actividades de las que se compone una obra y considerando además los cambios que se realizan en la fase de programación del proyecto, resulta de gran utilidad el empleo de algún software diseñado para facilitar la tarea.

En general, estos softwares permiten asistir en la administración del proyecto a través de la planificación de las distintas actividades. Otro tema importante ligado a los mismos está referido no solo a la posibilidad de programar el proyecto en la fase de planificación, sino a la posibilidad de realizar un seguimiento del mismo una vez puesto en marcha, pudiéndose así calibrar o ajustar aquellos aspectos que permitan obtener una representación más cercana a la realidad en la que se encuentra el mismo.

## **5.3 PROYECTO DE OBRA**

A continuación se detallan las tareas realizadas que permitieron obtener la información a ser ingresada al software. Por último se muestran los resultados junto con un análisis del mismo.

### **5.3.1 Definición de las tareas**

El período de análisis considerado comprende 4 meses, entre el 02/05/2016 y el 02/09/2016, por lo tanto las tareas elegidas para realizar la programación del proyecto se refieren a aquellas que se culminaron dentro de ese período.

Las tareas se pueden dividir en una serie de sub tareas, lo que permite tratar la problemática con un mayor grado de detalle. De este modo, se presenta a continuación la división de actividades tal como se cargaron en el software.

Tabla 5.3.1-Tareas cargadas al software

Nombre de tarea
<b>PROYECTO DE OBRA: UNIDADES EJECUTORAS</b>
<b>Fundaciones para escaleras metálicas</b>
Pilotes escalera Haya de la Torre
Pilotes escalera Patio Central
V.F. escalera Haya de la Torre
V.F. escalera Patio Central
<b>Cisterna</b>
Excavación con retroexcavadora
Perfilado manual
V.F. de Cisterna
Tabique del recinto-75%
Tanque 14.000 litros
Tabique del recinto-25%
Losa del recinto
<b>Estructura H°A° Bloque A</b>
1er SS
Columnas
Losas
Hormigonado losas
PB
Columnas
Losas
Hormigonado losas
N1
Columnas
Losas
Hormigonado losas
<b>Estructura H°A° Bloque B</b>
<b>1er SS</b>
Movimiento de Suelo (40%)
Zapata del tabique II (40%)
Tabique de contención II (40%)
Tabique continuación de Cisterna
Losa B2
<b>Escaleras Metálicas</b>
<b>Escalera H. de la T.</b>
Estructura principal
Recubrimiento, pasamanos y terminaciones
<b>Escalera Patio Central</b>
Estructura principal
Recubrimiento, pasamanos y terminaciones

En correspondencia con la tabla anterior, la estructura de H°A° del segundo módulo se la dividió en los bloques A y B, para lograr de este modo una programación más simple. Esto como ya se explicó, se debe a que la estructura se debió comenzar a ejecutar de forma diferenciada. Los bloques se pueden apreciar en la Figura 5.3.1, siendo los elementos sombreados tratados en el análisis.

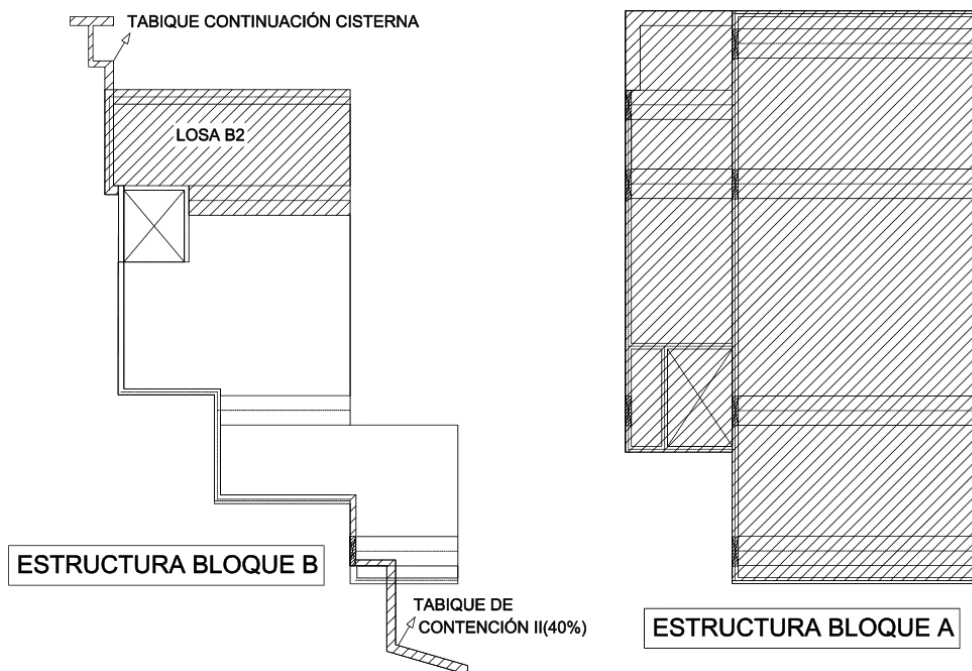


Figura 5.3.1-Bloques A y B de la estructura

### 5.3.2 Restricciones del problema

Una vez incorporadas en el software las tareas anteriores, es necesario saber cómo se interrelacionan entre sí y que tipo de restricciones deben cumplir, ya que por ejemplo, no se podría comenzar a realizar un jaharro si previamente no se realiza la mampostería.

Para no hacer engorrosa la presentación del problema, las restricciones de carácter puramente constructivo se cargan al software sin mencionarlas, no haciendo lo mismo para aquellas restricciones o condiciones de carácter general, propias de la obra en cuestión y que escapan de los procesos constructivos. Las mismas se detallan a continuación:

- Período de estudio para el caso en cuestión:
  - Inicio de actividades: 18/04/16
  - Fecha límite de análisis: 02/09/16

- Jornadas laborales:
  - Lunes a viernes de :
    - 08:00hs a 10:00hs
    - 10:15hs a 13:00hs
    - 14:00hs a 18:00hs
  - Sábado: Día no laboral
  - Domingo: Día no laboral
- Días no laborales:
  - 25/05/2016-Revolución de mayo
  - 06/07/2016- Día de Córdoba
  - 17/06/2016-Güemes
  - 20/06/2016-Día de la bandera
  - 15/08/2016-San Martín
- Se puede proceder con el movimiento de suelo en la zona del muro de contención luego de que se habilite la escalera con salida al patio Haya de la Torre.
- A modo de simplificar el problema, no se consideran cuestiones monetarias.
- La disponibilidad del material para la construcción no es un factor condicionante.
- Disponibilidad de la retroexcavadora: 2 semanas
- Se consideran las precipitaciones como un dato, tomándose la información con la que se trabajó en la obra. Las precipitaciones se computan en mm y la consideración de un día no laboral por anegamiento para que sea considerado en el pedido de ampliación de plazos, se realiza de la siguiente forma :
  - 0 a 5mm; no corresponde día de anegamiento.
  - 5 a 20; 1 día de anegamiento
  - 10 a 40mm; 2 días de anegamiento
  - Mayor a 40mm; 3 días de anegamientos

Por lo tanto, se toman las fechas indicadas en la Tabla 5.3.2 como días no laborables, ya que afectaron los trabajos con movimientos de suelo.

Tabla 5.3.2-Días de anegamiento

Fecha	Precipitación mm	Días de anegamiento otorgados
24/04/2016	9	1
25/04/2016	7	1
<b>2 días de anegamiento</b>		

### 5.3.3 Cómputo métrico y rendimientos empleados

Una vez definidas las tareas a tratar en la programación del proyecto de obra, se debe realizar el cómputo métrico de las mismas para poder así emplear la metodología. De este modo se presenta la Tabla 5.3.3 con un resumen del cómputo métrico de las estructuras de hormigón, indicándose los volúmenes intervinientes en m<sup>3</sup> y su impacto sobre los totales y subtotales, en porcentajes. Por otro lado, la Tabla 5.3.4 contiene un resumen del cómputo métrico de las escaleras metálicas.

Tabla 5.3.3-Cómputo métrico estructuras de H°A°

ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO							
Elemento	2do SS	1er SS	PB	N1	N2	N3	TOTAL
Columnas 2do módulo	-	2,06%	2,55%	2,55%	1,70%	1,70%	10,56%
	-	9,60	11,91	11,91	7,92	7,92	49,26
Vigas 2do módulo	-	6,42%	6,98%	6,98%	6,98%	6,98%	34,34%
	-	29,96	32,55	32,55	32,55	32,55	160,17
Losas 2do módulo	-	5,95%	5,55%	5,55%	5,55%	5,55%	28,14%
	-	27,74	25,87	25,87	25,87	25,87	131,23
Tabique asc.	-	-	1,03%	1,03%	0,93%	0,93%	3,93%
	-	-	4,80	4,80	4,36	4,36	18,32
Tabique de contención I	-	1,62%	-	-	-	-	1,62%
	-	7,54	-	-	-	-	7,54
Tabique de contención II	-	6,44%	-	-	-	-	6,44%
	-	30,05	-	-	-	-	30,05
Escalera 1er SS-PB		0,26%	-	-	-	-	0,26%
		1,21	-	-	-	-	1,21
Total	0,00%	14,69%	16,11%	16,11%	15,16%	15,16%	85%
	0,00	68,50	75,14	75,14	70,70	70,70	397,77
V.F. Cisterna	2,00%	-	-	-	-	-	2,00%
	9,31	-	-	-	-	-	9,31
Recinto cisterna	4,62%	-	-	-	-	-	4,62%
	21,54	-	-	-	-	-	21,54
Columnas tanque	0,06%	-	-	-	-	-	0,06%
	0,28	-	-	-	-	-	0,28
Tanque 14.000l	0,53%	-	-	-	-	-	0,53%
	2,48	-	-	-	-	-	2,48
Losa tanque	0,39%	-	-	-	-	-	0,39%
	1,80	-	-	-	-	-	1,80
Losa recinto	0,80%	-	-	-	-	-	0,80%
	3,72	-	-	-	-	-	3,72
Escalera Cisterna	0,14%	-	-	-	-	-	0,14%
	0,63	-	-	-	-	-	0,63
Total	8,52%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,52%
	39,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,76
Pilotes esc. H. de la T.	1,89%	-	-	-	-	-	1,89%
	8,79	-	-	-	-	-	8,79
V.F. esc. H. de la T.	-	0,77%	-	-	-	-	0,77%
	-	3,60	-	-	-	-	3,60
Pilotes esc. Central	2,69%	-	-	-	-	-	2,69%
	12,56	-	-	-	-	-	12,56
V.F. esc. Central	-	0,84%	-	-	-	-	0,84%
	-	3,92	-	-	-	-	3,92
Total	4,58%	1,61%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	6,19%
	21,35	7,52	0,00	0,00	0,00	0,00	28,87
<b>Total global</b>							<b>100%</b>
							<b>466,40</b>

Tabla 5.3.4-Cómputo métrico escaleras metálicas

<b>Peso Total</b>	<b>1 Nivel-Escalera Haya de la Torre</b>				
<b>7.773 kg</b>	<b>Elemento</b>	<b>kg/un</b>	<b>Cómputo</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>%</b>
<b>Estructura Principal</b>	UPN 180	22	52,53	1155,66	30%
	2UPN 160	37,6	38,2	1436,32	37%
	100x40x2	4,21	33	138,93	4%
	40x40x2	2,3	100	230	6%
	270x22x30	4	74	296	8%
	<b>Parcial 1</b>	-	-	-	<b>3256,91</b>
<b>Terminación</b>	Pasamanos	1,5	6	9	0%
		0,3	36	10,8	0%
	Recubrimiento	1	610	610	16%
	<b>Parcial 2</b>	-	-	-	<b>629,8</b>

<b>Total Global</b>	-	-	-	<b>3886,71</b>	<b>100%</b>
---------------------	---	---	---	----------------	-------------

<b>Peso Total</b>	<b>1 Nivel-Escalera Patio Central</b>				
<b>20.174 kg</b>	<b>Elemento</b>	<b>kg/un</b>	<b>Cómputo</b>	<b>Peso [kg]</b>	<b>%</b>
<b>Estructura Principal</b>	UPN 180	22	70,48	1550,56	38%
	2UPN 160	37,6	39	1466,4	36%
	100x40x2	4,21	19	79,99	2%
	40x20x2	1,7	42	71,4	2%
	270x22x30	4	57,68	230,72	6%
	<b>Parcial 1</b>	-	-	-	<b>3399,07</b>
<b>Terminación</b>	Pasamanos	1,5	6	9	0%
		0,3	36	10,8	0%
	Recubrimiento	1	616	616	15%
	<b>Parcial 2</b>	-	-	-	<b>635,8</b>

<b>Total Global</b>	-	-	-	<b>4034,87</b>	<b>100%</b>
---------------------	---	---	---	----------------	-------------

En cuanto a los rendimientos utilizados para determinar la duración de las tareas, se toman los presentados por la empresa en su análisis de precios (ver Tabla 5.3.5). Por otro lado, el número de operarios que intervino en cada actividad se definió aproximadamente en base a la observación realizada durante el seguimiento de las actividades en obra. En este sentido, previo al inicio de alguna actividad, la contratista y la subcontratista deben consensuar una metodología de trabajo que permita cumplir con los plazos de obra, siendo la cantidad de operarios una variable relevante dentro del proceso.

Tabla 5.3.5-Rendimientos de la obra de estudio

Ítem	Unidad	SAPYC	
	(h/un)	Oficial	Ayudante
Movimiento de suelos	m3	-	4
Excv. Vigas de Fundación	m3	-	4
Vigas de Fundación	m3	12	12
Vigas	m3	20	18
Columnas	m3	20	20
Losas	m2	4	3
Tabiques	m3	24	30
Escaleras metálicas	kg	-	0,25

### 5.3.4 Resultados de la programación de obra

La Tabla 5.3.7 contiene los resultados obtenidos mediante el empleo del software, en la cual se coloca las fechas estimadas frente a las reales. Una cuestión que se aclara se refiere a la coincidencia entre las fechas de inicio estimada y real de una actividad resumen. Esto se debe a que el comienzo de una nueva actividad resumen se actualizaba en función de la fecha de finalización de la/s actividad/es predecesora/s. Como es de esperar esto no afecta la comparativa entre las actividades resumen e individuales, sino que esta medida evita dilatar el plazo total del proyecto (considerar restricciones) por aquellas actividades cuyo rendimientos no hubiesen sido coherentes y representativos de la realidad (escaleras metálicas). La justificación de esta medida se debe a que los rendimientos obtenidos de la contratista no se modificaron.

La Tabla 5.3.6 contiene la calificación asignada según el grado de aproximación entre la fecha estimada y la real.

Tabla 5.3.6-Calificativo según el grado de aproximación

Rango [%]	Calificativo
100-80	Excelente
80-60	Bueno
60-40	Regular
40-20	Malo
20-0	Pésimo



Tabla 5.3.7-Resultados del análisis

Tarea	Fechas estimadas				Fechas reales				Grado de acierto	
	Comienzo	Fin	Duración	un	Comienzo	Fin	Duración	un	%	Calificativo
<b>Fundc. Escaleras Metálicas</b>	mar 19/04/16	jue 05/05/16	11	d	mar 19/04/16	mar 03/05/16	9	d	88%	Excelente
Pilotes H. de la T.	mar 19/04/16	mié 20/04/16	1	d	mar 19/04/16	mar 19/04/16	1	d	100%	Excelente
Pilotes Patio Central	mié 20/04/16	jue 21/04/16	1	d	mié 20/04/16	mié 20/04/16	1	d	100%	Excelente
Vigas de Fundación H. de la T.	vie 22/04/16	vie 29/04/16	29	h	lun 25/04/16	jue 28/04/16	16	h	56%	Regular
Vigas de Fundación P. C.	vie 29/04/16	jue 05/05/16	31	h	vie 22/04/16	mar 03/05/16	50	h	63%	Bueno
<b>Cisterna</b>	<b>jue 21/04/16</b>	<b>mié 15/06/16</b>	<b>39</b>	<b>d</b>	<b>jue 21/04/16</b>	<b>mié 22/06/16</b>	<b>45</b>	<b>d</b>	<b>88%</b>	<b>Excelente</b>
Excv. Retro	jue 21/04/16	mié 22/04/16	14	h	jue 21/04/16	mié 27/04/16	25	h	56%	Regular
Perfilado Manual	mar 03/05/16	vie 13/05/16	54	h	mar 03/05/16	mié 11/05/16	59	h	92%	Excelente
Vigas de Fundación	vie 13/05/16	lun 23/05/16	56	h	mié 11/05/16	vie 20/05/16	59	h	95%	Excelente
Tabique 75%	lun 23/05/16	jue 02/06/16	65	h	lun 23/05/16	vie 27/05/16	42	h	64%	Bueno
Tanque 14.000 litros	vie 03/06/16	mar 07/06/16	20	h	mié 01/06/16	mar 07/06/16	42	h	48%	Regular
Tabique 25%	mié 08/06/16	lun 13/06/16	22	h	jue 09/06/16	vie 10/06/16	16	h	74%	Bueno
Losa Recinto	mar 14/06/16	mié 15/06/16	7	h	mié 15/06/16	jue 16/06/16	16	h	47%	Regular
Hormigonado losa recinto	mié 15/06/16	mié 15/06/16			mié 22/06/16	mié 22/06/16				
<b>Estructura HA Bloque A</b>										
<b>1er SS</b>	<b>jue 26/05/16</b>	<b>jue 07/07/16</b>	<b>31</b>	<b>d</b>	<b>jue 26/05/16</b>	<b>vie 01/07/16</b>	<b>29</b>	<b>d</b>	<b>91%</b>	<b>Excelente</b>
Columnas	jue 26/05/16	lun 30/05/16	22	h	jue 26/05/16	lun 30/05/16	25	h	91%	Excelente
Losas	mié 22/06/16	jue 07/07/16	83	h	mié 22/06/16	jue 30/06/16	59	h	71%	Bueno
Hormigonado losa	jue 07/07/16	jue 07/07/16			vie 01/07/16	vie 01/07/16				
<b>P.B.</b>	<b>lun 04/07/16</b>	<b>jue 28/07/16</b>	<b>18</b>	<b>d</b>	<b>lun 04/07/16</b>	<b>lun 25/07/16</b>	<b>16</b>	<b>d</b>	<b>90%</b>	<b>Excelente</b>
Columnas	lun 04/07/16	lun 11/07/16	28	h	lun 04/07/16	mar 12/07/16	50	h	56%	Regular
Losas	jue 14/07/16	jue 28/07/16	80	h	mar 12/07/16	vie 22/07/16	76	h	94%	Excelente
Hormigonado losa	jue 28/07/16	jue 28/07/16			lun 25/07/16	lun 25/07/16				Pésimo
<b>N1</b>	<b>mar 26/07/16</b>	<b>mié 31/08/16</b>	<b>26</b>	<b>d</b>	<b>mié 27/07/16</b>	<b>mié 31/08/16</b>	<b>26</b>	<b>d</b>	<b>98%</b>	<b>Excelente</b>
Columnas	mar 26/07/16	lun 01/08/16	28	h	mié 27/07/16	jue 04/08/16	59	h	48%	Regular
Losas	mar 16/08/16	mié 31/08/16	80	h	mié 17/08/16	mié 31/08/16	84	h	95%	Excelente
Hormigonado losa	mié 31/08/16	mié 31/08/16			mié 31/08/16	mié 31/08/16				
<b>Estructura HA Bloque B</b>										
<b>1er SS</b>	<b>lun 04/07/16</b>	<b>mié 31/08/16</b>	<b>43</b>	<b>d</b>	<b>lun 04/07/16</b>	<b>mar 30/08/16</b>	<b>42</b>	<b>d</b>	<b>98%</b>	<b>Excelente</b>
Movimiento de Suelo (40%)	lun 01/08/16	lun 08/08/16	45	h	jue 04/08/16	lun 08/08/16	25	h	54%	Regular
Zapata del tabique II (40%)	lun 08/08/16	lun 15/08/16	40	h	mar 09/08/16	vie 12/08/16	33	h	83%	Excelente
Tabique de contención II (40%)	lun 15/08/16	mié 31/08/16	99	h	jue 18/08/16	mar 30/08/16	76	h	77%	Bueno
Tabique de contención I	lun 04/07/16	jue 07/07/16	23	h	lun 04/07/16	lun 11/07/16	42	h	56%	Regular
Losa B2	lun 11/07/16	mié 13/07/16	22	h	mar 12/07/16	vie 15/07/16	33	h	66%	Bueno
<b>Escaleras Metálicas</b>										
<b>Escalera H. de la T.</b>	<b>mié 18/05/16</b>	<b>lun 08/08/16</b>	<b>61</b>	<b>d</b>	<b>mié 18/05/16</b>	<b>lun 04/07/16</b>	<b>36</b>	<b>d</b>	<b>59%</b>	<b>Regular</b>
Estructura principal	mié 18/05/16	lun 25/07/16	407	h	mié 18/05/16	vie 24/06/16	237	h	58%	Regular
Recubrimiento y pasamanos	lun 25/07/16	lun 08/08/16	79	h	mar 21/06/16	lun 04/07/16	84	h	94%	Excelente
<b>Escalera Patio Central</b>	<b>lun 08/08/16</b>	<b>mar 13/12/16</b>	<b>96</b>	<b>d</b>	<b>lun 11/07/16</b>	<b>dom 21/08/16</b>	<b>31</b>	<b>d</b>	<b>32%</b>	<b>Malo</b>
Estructura principal	lun 08/08/16	mar 13/12/16	765	h	lun 11/07/16	dom 21/08/16	247	h	32%	Malo

### 5.3.5 Análisis de los resultados de la programación de obra

A partir de los resultados sobre las estimaciones de las tareas resumen o de carácter general, se puede observar que las pertenecientes a las estructuras de hormigón poseen un alto grado de ajuste, no ocurriendo lo mismo en las estructuras metálicas.

Las tareas componentes, en general, sin considerar las estructuras metálicas, poseen en la mayoría de los casos un buen nivel de estimación, siendo los siguientes motivos los causales de errores en los tiempos estimados:

- Variación de la mano de obra: Algunas tareas se ejecutaban de forma intermitente, ya que los obreros afectados a las mismas eran demandados en otras actividades. En otras ocasiones se daba lo contrario, y el número de obreros afectados a una tarea aumentaba

cuando estos iban quedando ociosos por la finalización de otras actividades.

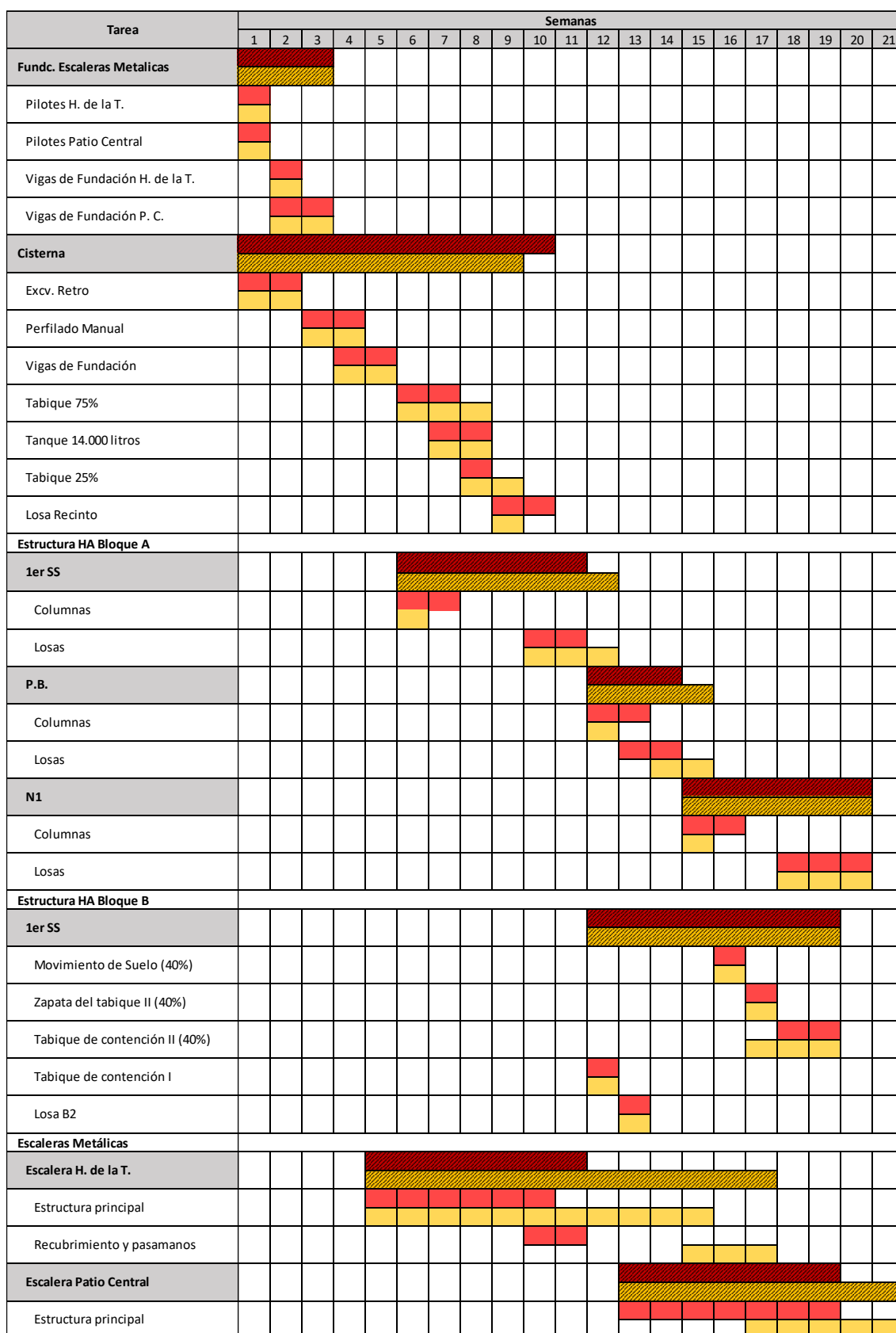
- Contratiempos: En la obra hubo una serie de contratiempos que surgieron durante el desarrollo de las actividades, tales como el picado de pilotes de la cisterna, la ejecución de las losa en voladizo faltante, doblado erróneo de los estribos de losas, etc. Estas tareas además de insumir tiempo en la definición de su solución, impactaron sobre los demás plazos de obra, ya sea por el atraso de la tarea en sí o por el personal afectado a las mismas.
- Rendimientos constantes: Los mismos no varían en el tiempo.
- Rendimientos: En la determinación de los rendimientos interviene una gran cantidad de variables, incluyendo el tipo de obra, tareas preparatorias, estado del tiempo, cansancio acumulado de los obreros y situaciones personales que afecten su desempeño, etc. Por lo tanto si son contempladas estas variables, es de esperar que en algunos casos los tiempos estimados de algunas tareas presenten dispersiones de consideración. Cabe aclarar que se emplearon los rendimientos determinados por la contratista, sin conocer la forma de estimación de los mismos.

En la Tabla 5.3.9 se presenta el Diagrama de Gantt con los resultados obtenidos, en donde la unidad de tiempo es la semana. En la Tabla 5.3.8 se colocan las referencias correspondientes al diagrama.

*Tabla 5.3.8-Referencias del Diagrama de Gantt*

	Duración Real-Tarea Resumen
	Duración Estimada- Tarea Resumen
	Duración Real
	Duración Estimada

Tabla 5.3.9-Diagrama de Gantt de los resultados obtenidos



En el diagrama de Gantt algunos de los desfases entre las actividades reales y estimadas se deben a que una de estas finaliza en un día de la siguiente semana, y al utilizarse un período semanal no resulta posible apreciarlas. Por lo tanto si se desea saber la duración real de una tarea, se debe remitir a la Tabla 5.3.7.

#### **5.3.5.1 Fundación para las escaleras metálicas**

La actividad logró una aproximación del 88%, y por ende un calificativo de “Excelente”. El error de aproximación se encuentra ligado a la variación de la mano de obra, ya que las actividades referidas a las vigas de fundación se superpusieron en una etapa, cuestión que implicó realizar trabajos en ambas a la vez. Esta situación no afectó la duración de la tarea resumen, pero si la de las tareas componentes, puesta de manifiesto en los errores de estimación de cada una.

#### **5.3.5.2 Movimientos de suelo**

Este tipo de actividad es una de las más complejas de estimar. Si se analizan los dos movimientos de suelo de mayor volumen, se obtuvieron 56% de acierto en la cisterna y 54% en la zona colindante a la FCQ. Se infiere que esto puede tener su origen en los rendimientos empleados para la estimación de los plazos, ya que dependen principalmente de la maquinaria empleada, del operario de la misma, de las condiciones de tiempo y de los aspectos de seguridad que fueron surgiendo durante las actividades, todos estos de elevada incertidumbre.

#### **5.3.5.3 Cisterna**

La estimación de esta actividad logró un grado de acierto del 88%, obteniendo así un calificativo de “Excelente”. Ahora bien, lo que se debe evaluar de este caso es si el tiempo de 10 semanas insumido por esta actividad es excesivo o se encuentra dentro de un rango esperado o aceptable, de modo que la forma de hacerlo se basa en las siguientes cuestiones:

1. Impacto sobre otras actividades: El número de obreros que demandó la actividad se encontraba entre 4 y 6. De este modo, si se toma la disponibilidad del recurso humano, hasta no finalizar la cisterna no se podía comenzar a ejecutar otras estructuras de hormigón, como tampoco estructuras ubicadas por encima de la misma.
2. Impacto sobre el total de Hormigón: La otra cuestión de mayor importancia aún es el impacto que posee el ítem sobre el total de hormigón previsto para la obra, y que por lo tanto afecta a la hora de

realizar las certificaciones. De esta manera se tiene que la cisterna representa un 8,30% del volumen total de hormigón.

En base a los conceptos vertidos, el tiempo insumido en la ejecución de la cisterna es excesivo, por lo que a continuación se analizan las tareas componentes, en un intento por determinar a donde se presentó la mayor demora y los motivos que la originaron.

Al observar la tarea movimiento de suelo, se detecta que demandó un 40% del total del plazo. Esto se debió, principalmente, a las lluvias que se produjeron en el período y al hecho de haberse desarrollado a 4,00 m de profundidad.

El resto de los elementos estructurales se ejecutaron en el plazo esperado, relacionando la baja del rendimiento al reducido espacio de trabajo y ubicación de los mismos bajo nivel de suelo.

#### **5.3.5.4 Escaleras Metálicas**

Las estimaciones de los tiempos de ejecución de ambas escaleras no representaron los plazos que se dieron en obra, ya que en la escalera sobre la Av. Haya de la Torre se obtuvo una aproximación del 59%, mientras que en la ubicada sobre el Patio Central se obtuvo un 39%. En primera instancia, si se comparan los plazos estimados con los reales, se tiene que los rendimientos empleados por la contratista no respondieron de forma adecuada al ritmo de trabajo en obra.

Ambas escaleras metálicas poseen una misma configuración respecto de materiales y estructura, destacando que la escalera sobre Av. Haya de la Torre posee dos niveles y la del Patio Central cinco niveles. Los plazos de ejecución reales para ambas escaleras difieren en una semana, de manera que hubo un ritmo de trabajo muy lento en la escalera ubicada sobre la Av. Haya de la Torre.

El motivo de esta situación responde a que la empresa subcontratista no tenía disponible el personal al momento de dar comienzo a la ejecución de la escalera sobre Av. Haya de la Torre, y para no postergar el inicio de las tareas debió tercerizar la mano de obra, hecho que impactó en forma negativa sobre los plazos. Luego, el reemplazo de este personal por el propio, se produjo en la etapa del recubrimiento y terminaciones, evidenciándose a partir de esa instancia un notable avance en los ritmos de trabajo.

De esta manera, el atraso producido sobre la escalera de Av. Haya de la Torre sumado a la demora de la FCQ en dar respuesta acerca de una resolución interna

respecto a trabajos de yesería que debía ejecutar la contratista dentro de la facultad, impidió clausurar a tiempo la escalera de vinculación, y en consecuencia, tampoco se pudieron realizar a tiempo los correspondientes movimientos de suelo. Ante este panorama y con la necesidad de la contratista de cumplir con la curva de avance propuesta, se debió comenzar a ejecutar la estructura del segundo módulo de la edificación principal en forma parcial. Esta situación modificó el resto de los planes de trabajo para cumplir con las certificaciones mensuales y no caer por debajo de la curva de avance.

### 5.3.5.5 Estructura de H°A°-Bloque A

Luego de la evaluación de las actividades resumen de los distintos niveles, se encontró que presentaron un alto grado de acierto, ubicándose en todos los casos por encima del 90%. Analizando ahora las subtareas componentes se evidencia un notable error en las estimaciones de los plazos de ejecución de las columnas, alcanzando un valor próximo a 55%, vinculado con el rendimiento empleado. No obstante, cabe mencionar que esto no afectó en la estimación de las tareas resumen del piso o nivel, debido a que la ruta crítica en estos casos está ligada al tiempo de desencofrado y ejecución de las losas, tareas cuyas estimaciones resultaron muy certeras. Esto se aprecia en la Figura 5.3.2, en donde las líneas rojas son aquellas actividades que pertenecen a la ruta crítica, mientras que las azules son aquellas que un atraso menor a su holgura no produce una extensión de los plazos de las tareas resúmenes.

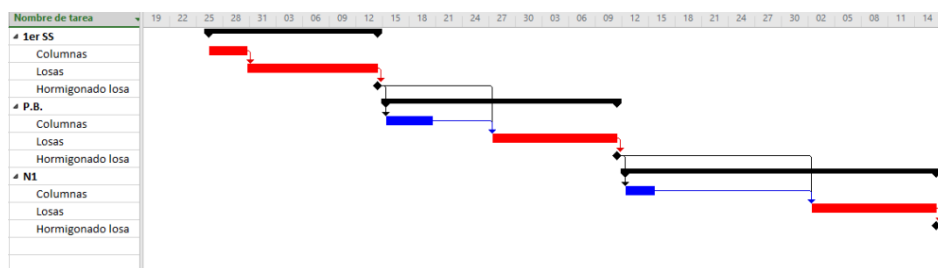


Figura 5.3.2-Diagrama de Gantt en edificación principal

En resumen, en la metodología de trabajo mencionada, la ruta crítica está compuesta por las losas, y a esto se encuentra ligado el tiempo insumido en la ejecución de las mismas y el tiempo que se debe esperar para desencofrarla y poder continuar con la ejecución de la siguiente losa (disponibilidad del equipo de encofrado), razón por la cual el efecto del aditivo tomó un papel fundamental, siendo beneficioso solo en las losas de un solo nivel.

### 5.3.5.6 Estructura de H°A°- Bloque B

Este bloque de la estructura es el que se ejecutó diferido del bloque A por las consideraciones ya expuestas. Sobre esto lo único que se comenta es que las tareas comenzaron luego de haberse finalizado las columnas del N1, ya que se contaba con gran cantidad de personal disponible, debido en parte, al nulo efecto del aditivo sobre la losa del nivel inferior, lo que impedía contar con el equipo de encofrado para realizar la losa del N1. Por otro lado la estimación de las tareas componentes se vio afectada por la variabilidad de la mano de obra, pero al no ser parte de una ruta crítica en el análisis no tiene sentido profundizar.

## 5.4 COMPARACIÓN CON EL PLAN DE AVANCE PROPUESTO POR LA EMPRESA

En esta sección se lleva a cabo una evaluación del plan de avance real de la obra frente al plan de avance propuesto. Esta información se presenta en la Tabla 5.4.1.

Tabla 5.4.1-Plan de avance real versus propuesto

TAREA		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Acumulado	Faltante
ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO	REALIZADO	0%	5,35%	7,74%	4,55%	19,96%	12,71%	50,30%	<b>49,70%</b>
	PREVISTO	0%	10,00%	15,00%	15,00%	20,00%	20,00%	80,00%	<b>20,00%</b>
	RELACIÓN	-	<b>53,50%</b>	<b>51,60%</b>	<b>30,30%</b>	<b>99,78%</b>	<b>63,56%</b>	<b>62,88%</b>	
ESCALERAS METÁLICAS	REALIZADO	0,00%	0,00%	12,00%	16,00%	27,00%	28,00%	83,00%	<b>17,00%</b>
	PREVISTO	0,00%	0,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	60,00%	<b>40,00%</b>
	RELACIÓN	-	-	<b>80,00%</b>	<b>106,67%</b>	<b>180,00%</b>	<b>186,67%</b>	<b>138,33%</b>	
MOVIMIENTO DE SUELO	REALIZADO	5%	48%	7%	-	-	-	60,00%	<b>40,00%</b>
	PREVISTO	5%	55%	-	-	-	-	60,00%	<b>40,00%</b>
	RELACIÓN	<b>0%</b>	<b>87%</b>	-	-	-	-	<b>100,00%</b>	

### 5.4.1 Movimientos de Suelo

Las tareas presentaron un leve atraso en el mes de abril, ya que las intensas precipitaciones afectaron el desarrollo normal de las actividades. De esta manera, hacia fin del mes de abril se pudo realizar gran parte de la excavación de la cisterna, pero sin ser finalizada, ya que las tareas referidas al perfilado manual de la cisterna se extendieron dos semanas durante el mes de mayo, cuestión que impactó de forma considerablemente en los plazos de obra.

### 5.4.2 Escaleras Metálicas

El plan de avance propuesto por la contratista estima un avance del 15% mensual sobre las escaleras metálicas, de manera que solo en el mes de mayo no se llegaría a cumplir con los plazos. Por otro lado, se tiene presente que la escalera sobre la Av. Haya de la Torre representa un 28% del ítem, de modo que se tendría que recién en el mes de julio hubiera sido posible clausurar la escalera de vinculación, cuestión que

hubiera implicado ejecutar la estructura de forma parcial desde un comienzo si se toma ese plan de avance.

A pesar de la exposición anterior, al comenzarse las actividades la contratista tenía en claro que la escalera ubicada sobre la Av. Haya de la Torre debía ejecutarse rápidamente para poder clausurar la escalera de vinculación, sumando a que en ningún momento la misma planificó realizar la estructura de forma parcial, de modo que se tiene un error en la confección del plan de avance de las escaleras metálicas.

#### **5.4.3 Estructuras de Hormigón Armado**

A partir del análisis de los resultados obtenidos solo en el mes de julio se cumplió con el porcentaje de avance mensual propuesto, mientras que en el resto de los meses el presente ítem tuvo un muy bajo desempeño. Este fenómeno se debe principalmente a los dos motivos ya expuestos, el atraso en la ejecución de la cisterna y la demora en la clausura de la escalera de vinculación, cuestiones que implicaron comenzar a ejecutar la edificación de forma parcial, y por ende no poder cumplir con el avance planificado.

#### **5.5 CONCLUSIÓN**

Los resultados obtenidos del análisis y su comparación permitieron obtener el grado de aproximación logrado en las distintas tareas componentes y resumen del proyecto de la obra, pudiendo identificar y justificar los motivos por los cuales se presentaron errores en la estimación.

En la comparación de los planes de trabajo se evidenció que las tareas desarrolladas en obra no cumplieron con el plan de avance propuesto por la contratista, lo que permitió relacionar esta situación con una serie de actividades críticas en las cuales se produjeron atrasos junto con una serie de errores de estimación.

De este modo, considerando los tres cuestionamientos que se tomaron de base en la elaboración del presente capítulo, se concluye lo siguiente:

*Sí se presentaron atrasos en la obra, identificar los motivos que llevaron a los mismos y que consecuencias tuvieron sobre esta.*

Los principales atrasos en la obra estuvieron ligados principalmente a la fecha en que se pudo finalizar la cisterna y a la demora en la clausura de la escalera de vinculación. Las consecuencias sobre la obra fue que se debió comenzar a ejecutar la estructura de forma parcial y afectar al resto de los planes de trabajos para lograr cumplir



con la certificación mensual. Por otro lado el impacto en el plazo de obra resultó en una solicitud de ampliación de plazo contractual por 60 días, el cual fue otorgado.

*¿Qué tan factible es estimar los nuevos plazos de llevando a cabo un análisis del proyecto en tiempo real?*

El Método del Camino Crítico en conjunto con el software, permitió realizar el seguimiento de la obra durante su ejecución y atender aquellas cuestiones que obligaron a realizar modificaciones del proyecto durante el transcurso de la misma. De este modo fue posible realizar un seguimiento de la obra en tiempo real de una manera muy simple (actualización del proyecto).

*¿Se pudo haber previsto las causas que llevaron al atraso de la obra?*

Las estadísticas indican que, dependiendo de la obra y la empresa constructora, solo entre el 10 y el 30 % de las obras se entregan en tiempo y forma en los plazos previstos, cumpliendo con la triple restricción A-T-C (Alcance-Tiempo-Costo). Resulta frecuente el no cumplimiento de algunas de estas tres variables, vinculado a factores externos, tales como imprevistos por falta de antecedentes, cambios del proyecto durante el transcurso de la obra, incumplimiento por parte de los proveedores, falta de recursos a tiempo o de mala calidad, errores de programación de la obra por desconocer excesivas demoras en algún trámite, etc. De acuerdo a esto, lograr una programación de obra con la menor cantidad de imprevistos posibles y que represente de la mejor manera la realidad es una ardua tarea, que requiere un extenso estudio de la obra y de variables ajenas a la misma.

## **CONCLUSIONES**

---

### **1. SOBRE EL TRABAJO**

Los lineamientos fijados en el capítulo 1 permitieron guiar al estudiante acerca de aquellas tareas que debía priorizar en obra para poder recopilar la información que serviría posteriormente en la elaboración del informe. De esta manera se destaca la importancia que tiene llevar a cabo desde un principio una metodología ordenada de trabajo y con objetivos claros.

El estudio de la documentación del proyecto fue de gran importancia ya que permitió realizar una autoevaluación acerca del grado de comprensión logrado en cuanto al alcance de todas las actividades que debían realizarse en obra para poder lograr el proyecto tal y como se licitó.

El abordaje de las diferentes técnicas constructivas para lograr los distintos elementos que componen la obra permitió saber como se evaluaron las diferentes soluciones para los inconvenientes surgidos durante los trabajos. Además estos procedimientos poseen la importancia de ser un complemento de los conocimientos teóricos adquiridos.

Por último durante el desarrollo de la Práctica Supervisada se evidenció la importancia que de los plazos de obra, ya que para ser evaluados de forma eficiente, resulta necesario un elevado grado de comprensión de diferentes variables que afectan a la obra. Por otro lado se remarca la importancia que tiene el monitoreo de las actividades críticas que componen la obra, ya que por definición, un atraso en las mismas afecta el tiempo en que se prevé terminar un proyecto.

### **2. PERSONALES**

La experiencia vivida a lo largo de la práctica permitió al estudiante interactuar con profesionales y trabajadores de las distintas áreas involucradas en una obra, logrando así obtener información muy valiosa acerca de las formas en la que cada parte lleva a cabo su labor, remarcando a la vez la importancia que posee el trabajo interdisciplinario en cualquier tipo de proyecto.

Por último, la práctica cumplió con el objetivo de ser un nexo entre la formación universitaria y el campo laboral, permitiendo así llevar a cabo una adecuada y fructífera transición.

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Catedra “Proyectos, Direcciones de Obras y Valuaciones”. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. (2010)- *Apuntes de Cátedra-Tomo III*.
- Ing. Mario E. Chandias (Vigésimo primera edición) *Cómputos y Presupuestos*.
- Francisco Redín (2010)- *Manual Básico de MS Project*.
- Mg. Ing. Antonio Molina Campos- *MS Project 2003-2007-20010, Aplicado a la Construcción*.

# ANEXOS

---